

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

О. Б. Потійчук, Л. М. Піліпака

ТРАНСПОРТНІ РОЗВ'ЯЗКИ

Навчальний посібник



Рівне 2020

Рецензенти:

Солодкий С. Й., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільні дороги та мости Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів;

Фурсович М. О., кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Кочкаръов Д. В., доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва та господарства, доцент Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

*Рекомендовано вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.
Протокол № 9 від 30 жовтня 2020 р.*

О. Б. Потійчук, Л. М. Піліпака

ПЗ2 Транспортні розв'язки : навч. посібник. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2020. – 263 с. Табл. 40. Іл. 127. Додат. 11. Бібліогр. 26 назви.

ISBN 978-966-327-481-2

Навчальний посібник призначено для студентів спеціальності «Автомобільні дороги та аеродроми».

У навчальному посібнику викладено загальні відомості про перетинання і примикання автомобільних доріг в одному та різних рівнях. Наведено методику визначення пропускної здатності вузлів автомобільних доріг, оцінку рівня безпеки цих вузлів, методику проектування перетинань та прилягань залежно від розрахункового транспортного засобу; а також особливості вулично-дорожніх вузлів у населених пунктах і перетинання автомобільних доріг з пішохідними та залізничними шляхами.

УДК 625.7/2.14(075)

ISBN 978-966-327-481-2

© О. Б. Потійчук, Л. М. Піліпака, 2020
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2020

Зміст

Передмова.....	6
Розділ 1. Розв'язки на автомобільних дорогах як невід'ємна частина загальної мережі доріг.....	7
1.1. Класифікація та загальні вимоги щодо транспортних розв'язок на дорогах загального користування.....	10
1.2. Класифікація та загальні вимоги щодо транспортних розв'язок на міських вулицях і дорогах.....	13
Розділ 2. Перетинання та примикання доріг в одному рівні.....	15
2.1. Класифікація транспортних розв'язок в одному рівні	15
2.2. Планувальні рішення перехресть	23
2.2.1. Траєкторія руху автомобіля на повороті. Динамічний коридор	23
2.2.2. Проектування системи прилягань та перетинань на позаміських дорогах	26
2.2.3. Планувальні рішення перетинань та прилягань.....	28
2.2.4. Каналізування руху. Види та форма острівців безпеки ...	31
2.3. Методика проектування розв'язок	36
2.3.1. Послідовність розробки плану розв'язки	37
2.3.2. Проектування перехідно-швидкісних смуг	38
2.3.3. Організація рельєфу на транспортних розв'язках	43
2.4. Окремі випадки планувальних рішень розв'язок в одному рівні	45
2.4.1. Проектування кільцевих розв'язок.....	45
2.4.2. Проектування лівого віднесеного повороту	59
2.5. Оцінка безпеки транспортних розв'язок.....	64
2.5.1. Поняття про конфліктну точку та її небезпеку	64
2.5.2. Оцінка рівня безпеки розв'язок, що проектуються	70
2.5.3. Оцінка рівня безпеки існуючих розв'язок.....	71
2.6. Пропускна здатність транспортних розв'язок в одному рівні	72
2.7. Втрати часу на транспортних розв'язках.....	92
Розділ 3. Транспортні розв'язки в різних рівнях	102
3.1. Загальні положення щодо влаштування розв'язок в різних рівнях.....	102
3.1.1. Класифікація розв'язок в різних рівнях.....	102

3.1.2. Завдання, які вирішуються при проектуванні розв'язок в різних рівнях.....	104
3.1.3. Аналіз умов руху на розв'язках різних видів.....	108
3.1.4. Оцінка безпеки транспортних розв'язок.....	119
3.1.5. Пропускна здатність розв'язок.....	123
3.1.6. Техніко-економічне обґрунтування доцільності.....	126
3.2. Проектування розв'язок в двох рівнях.....	137
3.2.1. Обґрунтування елементів перехідних кривих.....	139
3.2.2. Розв'язка «повний лист конюшини».....	144
3.2.3. Розв'язка «неповний лист конюшини» з трьома лівоповоротними з'їздами.....	153
3.2.4. Розв'язка «неповний лист конюшини» з двома лівоповоротними з'їздами.....	155
3.2.5. Проектування модернізованих правоповоротних з'їздів.....	156
3.2.6. Розв'язка з одним лівоповоротним з'їздом.....	157
3.2.7. Розв'язка з прямими лівоповоротними з'їздами.....	159
3.2.8. Розрахунок кільця з п'ятьма шляхопроводами.....	162
3.2.9. Розрахунок кільця з двома шляхопроводами.....	166
3.2.10. Проектування поздовжніх та поперечних профілів з'їздів.....	168
3.2.11. Проектування водовідводу з території транспортної розв'язки.....	170
3.3. Особливості перетинань і примикань в населених пунктах в одному та різних рівнях.....	174
3.3.1. Класифікація вузлів міських шляхів сполучення.....	174
3.3.2. Вузли в одному рівні.....	178
3.3.3. Вузли в різних рівнях.....	180
3.3.4. Площі в населених пунктах.....	187
3.3.5. Проектування міських перетинань та примикань.....	191
Розділ 4. Перетини автомобільних доріг з іншими шляхами.....	197
4.1. Перетинання з велосипедними та пішохідними шляхами на дорогах загального користування.....	197
4.1.1. Транспортно-пішохідні перетини в одному рівні.....	198
4.1.2. Транспортно-пішохідні перетини в різних рівнях.....	204
4.2. Пішохідно-транспортні перетини у містах та населених пунктах.....	206
4.3. Перетинання автомобільних доріг із залізницею.....	212
4.3.1. Оцінка ступеня безпеки залізничних переїздів.....	220

Розділ 5. Застосування транспортного моделювання при обґрунтуванні вибору планувальних рішень транспортних розв'язок	227
5.1. Задачі моделювання.....	227
5.2. Методи моделювання	230
5.3. Практичне застосування моделювання.....	234
Використані джерела.....	241
Додатки	243
Додаток А Класифікація розв'язок доріг.....	243
Додаток Б.....	244
Вузли в одному рівні (перехрестя) в населених пунктах	244
Додаток В.....	246
Вузли вулиць і доріг в населених пунктах у різних рівнях	246
Додаток Г	248
Типи транспортних розв'язок та орієнтовні типи РТЗ.....	248
Додаток Д.....	249
Параметри повороту та динамічний габарит РТЗ.....	249
Додаток Е.....	250
Приклад влаштування напрямних островців	250
Додаток Ж.....	251
Схема розрахунку динамічного габариту РТЗ	251
Додаток И	252
Схеми влаштування лінійних транспортних розв'язок.....	252
Додаток К.....	258
Схема розміщення та влаштування лівого віднесеного повороту	258
Додаток Л.....	259
Приклади визначення пропускну здатності перехресть	259
Додаток М.....	263
Приклад організації дорожнього руху на перехресті	263

Передмова

Мета посібника полягає в тому, щоб на основі узагальнення нормативних документів, світового та вітчизняного досвіду, а також перспективних тенденцій у галузі будівництва автомобільних доріг, викласти для студентів – майбутніх фахівців у галузі будівництва автомобільних доріг та аеродромів – найбільш загальні та, водночас, достатні положення щодо проектування дорожніх вузлів в одному та різних рівнях, методики підбору та вибору варіантів розв’язок з врахуванням інтенсивностей та складу транспортних потоків, категорій доріг, рельєфу місцевості тощо.

Матеріал, викладений у посібнику, дозволяє студентам отримати знання та сформувати навички достатні для виконання практичних робіт та курсових проектів, магістерських робіт.

Склад та структура посібника відповідають робочим програмам з дисциплін «Транспортні розв’язки» та «Проектування розв’язок на автомобільних дорогах та міських вулицях».

У посібнику розглядаються загальні вимоги щодо проектування системи прилягань та перетинань на дорогах загального користування; проектування окремих елементів транспортних розв’язок в одному та різних рівнях залежно від габаритних розмірів автомобілів та параметрів транспортних потоків; наведено методику оцінки варіантів проектних рішень за транспортно-експлуатаційними показниками, а саме: пропускну здатністю, забезпеченням безпеки руху та втратами часу на проїзд відповідних дорожніх вузлів.

Окремо розглядаються питання організації пішохідного і велосипедного руху при перетинанні автомобільних доріг та перетинання автомобільними дорогами залізниці.

Навчальний матеріал посібника передбачає, що студенти володіють знаннями і навичками, отриманими при вивченні таких навчальних дисциплін, як «Проектування автомобільних доріг», «Моніторинг транспортних потоків та дорожнього середовища», «Безпека дорожнього руху» і «Організація дорожнього руху». Також передбачається поглиблення отриманих знань, зокрема із проектування розв’язок у різних рівнях, при вивченні навчальної дисципліни «Штучні споруди на автомобільних дорогах».

Розділ 1. Розв'язки на автомобільних дорогах як невід'ємна частина загальної мережі доріг

В умовах щільної мережі автомобільних доріг неминуче їх перетинання, розгалуження та прилягання (такі елементи дорожньої мережі мають назву дорожні вузли або транспортні розв'язки). Їх не слід плутати з транспортними вузлами, тобто системою взаємодії різних видів шляхів сполучення (автомобільного та залізничного, автомобільного та водного, автомобільного, авіаційного та залізничного тощо).

У зв'язку із специфічними умовами руху на транспортних розв'язках (зниження швидкості перед поворотом праворуч або ліворуч, виконання власне повороту) саме ці ділянки є найбільш небезпечними для учасників руху та зменшують пропускну здатність дороги в цілому, що негативно позначається на експлуатаційних показниках роботи автомобільного транспорту.

Проектування перетинань, примикань і розгалужень автомобільних доріг полягає у максимальному забезпеченні безпеки руху при виконанні маневрів із найменшими втратами часу, зокрема, для транзитних потоків.

Ці задачі вирішуються правильним підбором геометричних елементів розв'язок, застосуванням попереджувальних елементів оснащення доріг тощо.

В практиці дорожнього будівництва країн Європи, зокрема Німеччини, діє постулат: **водій має право на помилку, але наслідки цієї помилки повинні бути як найменші.**

Відповідно, з точки зору проектування автодоріг (зокрема, перетинань, примикань і розв'язок у різних рівнях) має бути:

- забезпечено комфортні умови проїзду, що не виключають помилку водія;

- у випадку помилки водія, її наслідки для учасників руху мають бути мінімальні.

Історія розвитку перетинань і примикань автомобільних доріг нерозривно пов'язана з історією автомобільного транспорту. На початку розвитку автомобільного транспорту, коли швидкості та інтенсивність руху автомобілів були невеликі, всі перетини і примикання автомобільних доріг здійснювалися в одному рівні, причому потреби у застосуванні спеціальних заходів для забезпечення безпеки руху та підвищення пропускну здатності на них не було [1].

У 20-х роках минулого століття внаслідок збільшення швидкостей та інтенсивності руху транспортних потоків питання забезпечення безпеки руху та пропускної здатності на перетинах і примиканнях доріг стало набувати все більшого значення, оскільки з розвитком автомобільного руху кількість дорожньо-транспортних пригод безупинно зростала. У цей період перетинання і примикання доріг як і раніше продовжували здійснювати в одному рівні, але на них стали передбачати спеціальні заходи для підвищення безпеки руху та пропускної здатності. До таких заходів насамперед відносяться планувальні з метою забезпечення видимості на підходах до перетинань та примикань, встановлення черговості проїзду за допомогою знаків пріоритету, а потім і впровадження світлофорного регулювання.

З метою підвищення безпеки руху та збільшення пропускної здатності перетинів доріг на початку 20-х років у деяких країнах почали влаштовувати так звані **каналізовані перетинання**, на яких для кожного напрямку руху виділялися самостійні смуги (канали), відокремлені один від одного островами, смугами і розміткою проїзної частини. Каналізовані перетини набули найбільшого поширення у США, Німеччині, Англії, Італії та інших країнах. На автомобільних дорогах нашої країни переважають необладнані перетини в одному рівні, проте за останні роки на деяких автомагістралях побудовано каналізовані перетинання та розв'язки в двох рівнях.

З появою автомагістралей питання забезпечення безпеки руху та пропускної здатності на перетинаннях і примиканнях автомобільних доріг набуло особливо актуального значення. Забезпечення швидкісного автомобільного руху з гарантією найбільшої його безпеки вимагає влаштування нової обов'язкової форми перетинань з іншими дорогами, а саме в різних рівнях.

Перше перетинання автомобільних доріг у різних рівнях було побудовано в 1928 р. в США. Воно було виконано за типом листа конюшини. Через транспортну розв'язку в середньому проходило 62500 авт./добу. У найбільш напружені періоди доби розв'язка пропускала до 6074 авт./год. Після вдалого застосування цієї транспортної розв'язки в США набуло поширення будівництво перетинань і примикань автомобільних доріг у різних рівнях. Вже до 1936 р. в США налічувалося понад 125 транспортних розв'язок. Найбільш поширеним типом перетинання продовжував залишатися лист конюшини. Разом з тим широке застосування отримали

неповний лист конюшини і розподільче кільце з двома і п'ятьма шляхопроводами. З різних типів примикань автомобільних доріг у різних рівнях в США найчастіше застосовується примикання за типом труби, яке вперше було влаштоване в 30-х роках у Німеччині, і значно рідше – грушоподібний тип примикання. Примикання за типом труби є типовою транспортною розв'язкою для автомагістралі Пенсильванія – Турнпайк, побудованої на початку 40-х років. Це одна з перших в США автомагістралей вищого класу. Вона протяглася майже на 600 км і має спеціальні під'їзні шляхи до десяти міст. У 1944 році в США були видані перші технічні умови на проектування транспортних розв'язок. В цих технічних умовах, які відобразили майже двадцятирічний досвід експлуатації таких споруд, були сформульовані основні вимоги до призначення їх геометричних елементів. Розрахункові швидкості на з'їздах узгоджувалися з розрахунковими швидкостями на відповідних до транспортних розв'язок дорогах [1].

У Канаді транспортні розв'язки почали будувати дещо пізніше, ніж у США. Першою транспортною розв'язкою, побудованою в Канаді (1936 рік), було примикання за типом труби. Перше перетинання за типом листа конюшини в Канаді було побудовано в 1937 році. Найбільш поширеним типом примикання автомобільних доріг в різних рівнях Канади продовжує залишатися примикання по типу труби, а найбільш поширеним типом перетинання – лист конюшини. Однак поряд з листом конюшини досить широке поширення набуло також перетинання за типом розподільчого кільця.

У Німеччині транспортні розв'язки почали будувати на початку 30-х років. З різних типів перетинань автомобільних доріг у двох рівнях особливого поширення набув тип неповного листа конюшини з двома двоколійними з'їздами, розташованими в сусідніх чвертях, а також у вигляді листа конюшини. Значно рідше застосовувалося перетинання за типом розподільчого кільця (кільце з п'ятьма шляхопроводами було побудовано, наприклад, на дорозі Кельн – Леверкузен). З різних типів примикань і розгалужень автомобільних доріг у двох рівнях в Німеччині особливо поширені транспортні розв'язки, виконані за типами труби і трикутника, які вперше було застосовано саме в цій країні. Примикання автомобільних доріг у різних рівнях за типом труби

було здійснено на початку 30-х років на кільцевій Берлінській автомагістралі в місцях примикання до неї автомобільних доріг.

У теперішній час використовують найрізноманітніші схеми дорожніх вузлів – перетинань, примикань і розгалужень в одному та різних рівнях. Загальні вимоги до вузлів автомобільних доріг – зрозумілість для водіїв, простота, наочність; вони повинні забезпечувати зручність, безпеку і комфортабельність руху автомобілів з розрахунковими швидкостями, а також бути економічно вигідними. У кожному конкретному випадку вибір схеми вузла автомобільних доріг виконується на основі техніко-економічного порівняння можливих варіантів.

Проектування дорожніх вузлів надзвичайно трудомістке і відповідальне. Особливо це стосується **транспортних розв'язок**. Вони займають велику площу (іноді до 50 га і більше), а сумарна довжина їх з'їздів разом з перехідно-швидкісними смугами може сягати 2...2,5 км.

Проектування транспортних розв'язок – творчий процес, що вимагає ґрунтовних знань в галузі дорожнього будівництва, теорії руху транспортних потоків та конструктивних якостей рухомого складу автомобільного транспорту, а також враховувати психофізіологічні особливості водіїв.

1.1. Класифікація та загальні вимоги щодо транспортних розв'язок на дорогах загального користування

Транспортна розв'язка – це інженерна споруда або комплекс інженерних споруд і обладнання, які перебувають у функціонально-конструктивній єдності та забезпечують у встановленому порядку рух транспортних засобів на наскрізних напрямках і перехід транспортного засобу з одного напрямку на інший, в тому числі протилежний [9]. У склад розв'язки можуть входити (залежно від класу та типу): смуги руху для прямого та поворотних напрямків, накопичувальні та зупинкові смуги, перехідно-швидкісні смуги (ПШС), острівці безпеки, пішохідні переходи, а також інженерне обладнання – освітлення, дорожні знаки та розмітка, огороження тощо. Окрім того, саме поблизу перехресть влаштовуються зупинки маршрутного транспорту, які мають бути органічно пов'язані з перехрестям та пішохідними переходами.

Призначення транспортної розв'язки у різних рівнях – забезпечення безперервного руху транспорту і пішоходів двома й більше рівнями.

При розробленні проектів на влаштування перетинань, розгалужень та прилягань доріг необхідно брати за основу перспективну інтенсивність руху і склад транспортних потоків на усіх напрямках, передбачати можливість їх перевлаштування у розв'язку більш високого класу із збільшенням пропускної спроможності та безпеки руху транспортних засобів.

Вибір класу і схеми розв'язок доріг та обґрунтування технічних рішень слід виконувати на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням їх пропускної спроможності, безпеки і зручності руху, дорожньо-транспортних витрат на їх будівництво і утримання, архітектурно-естетичних вимог, вимог охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання сільськогосподарських угідь.

Класи розв'язок доріг та їх елементи слід приймати з урахуванням перспективи розвитку мережі автомобільних доріг та реконструкції існуючих доріг.

Розв'язки позаміських доріг залежно від категорії доріг, що перетинаються, поділяються на класи згідно з ДБН В.2.3-4-2015 [9] (додаток А табл. 1).

Згідно з цією таблицею, до розв'язок I класу належать перетинання (примикання) доріг I-а з дорогами I-а, I-б, II та III категорій; перетинання (примикання) доріг I-б з дорогами II та III категорій; перетинання (примикання) доріг II та II категорій, а також перетинання (примикання) доріг II та III категорій при сумарній інтенсивності понад 11000 прив.авт./добу. Обов'язковим елементом таких розв'язок мають бути перехідно-швидкісні смуги (ПШС) на усіх дорогах.

До другого класу належать перетинання (прилягання) доріг I-а з дорогами IV та V категорій. Такі розв'язки теж мають бути у різних рівнях, проте, ПШС на дорогах нижчих категорій не влаштовуються.

За відповідного обґрунтування транспортні розв'язки I класу (крім розв'язок на дорогах I-а категорії) допускається влаштовувати кільцевого типу.

В усіх інших випадках перетинання (прилягання, розгалуження) доріг влаштовується в одному рівні, причому, ПШС не влаштовують на дорогах IV та V категорій.

Класифікація розв'язок в одному рівні наведена у ГБН В.2.3-37641918-555:2016 [11], згідно якого розв'язки III–VI класів поділяються на типи залежно від категорій доріг, що їх утворюють. Такі розв'язки виконуються в одному рівні і можуть бути як лінійними, так і кільцевого типу. Геометричні параметри таких розв'язок призначаються залежно від розрахункового транспортного засобу, тобто транспортного засобу, який у поворотному потоці створює найбільший динамічний габарит і частка якого в складі транспортного потоку перевищує 5%.

Також ГБН дозволяє влаштовувати розв'язки I класу в одному рівні при умові, що лівоповоротні потоки на них заборонені встановленням огороження на розділювальній смузі (рис. 1.1).

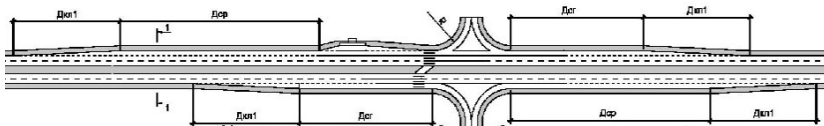


Рис. 1.1. Транспортна розв'язка на дорозі I категорії із заборонаю лівих поворотів та організацією руху пішоходів в одному рівні

У таких випадках лівий поворот організовано віднесеним (так званий лівий віднесений поворот – ЛВП, особливості проектування якого викладено у главі 3 цього посібника).

На розв'язках III–VI класів також передбачається влаштування ПШС на дорогах II і III категорій, а також каналізування лівоповоротних потоків.

У населених пунктах, при обмеженні швидкості руху до 50 км/год, допускається проектувати розв'язки V класу без ПШС для правого повороту.

Згідно з ДБН транспортні розв'язки з перетинанням потоків рекомендується передбачати:

- на дорогах I-а категорії не частіше ніж через 10 км;
- на дорогах I-б – II категорій – не частіше ніж через 5 км;
- на дорогах III- IV категорій – не частіше ніж через 2 км.

Якщо перетинання відсутнє (одностороннє примикання) відстань можна зменшувати у 2 рази.

У населених пунктах транспортні розв'язки проектується із врахуванням громадський слухань.

Світлофорне регулювання на розв'язках доріг загального користування за межами населених пунктів влаштовувати не рекомендується. Також не рекомендується організація руху на розв'язках за правилом проїзду перехресть рівнозначних доріг.

1.2. Класифікація та загальні вимоги щодо транспортних розв'язок на міських вулицях і дорогах

Умови руху у містах дещо відрізняються від таких на автомобільних дорогах. Відмінності полягають, у першу чергу, в тім, що дозволена швидкість руху на більшості вулиць і доріг населених пунктів не перевищує 50 км/год. Також у містах, як правило, інтенсивність руху перевищує позаміську; у транспортному потоці більша частка маршрутного транспорту, для якого на вулично-дорожній мережі влаштовуються зупинки, що створює додаткове напруження у транспортному потоці, зменшує пропускну здатність вулиць. Також у містах значно більша кількість пішоходів, які, зокрема, перетинають вулиці у недозволених місцях.

Відстань між перехрестями (приляганнями та розгалуженнями вулиць) залежить від характеру міської забудови і значно менша за таку на позаміських дорогах. У середньому відстань між перехрестями становить 600-800 м.

У населених пунктах дорожні вузли в одному рівні класифікуються згідно з ДБН В.2.3-5-2017 [10] (додаток Б) залежно від категорій вулиць, що перехрещуються і поділяються на нерегульовані, з рухом по кільцю та регульовані. Зокрема, регульовані перехрестя влаштовуються на магістральних вулицях загальноміського та районного значення, а також на головних вулицях і дорогах сільських населених пунктів.

Саморегульований кільцевий рух, як правило, каналізований, влаштовується:

на магістральних вулицях місцевого значення;

на магістральних вулицях районного значення;

на магістральних вулицях загальноміського значення (у малих та середніх містах);

на головних вулицях і дорогах сільських населених пунктів.

Нерегульовані перехрестя влаштовуються на міських вулицях місцевого значення та на вулицях сільських населених пунктів.

Розв'язки у різних рівнях у містах та населених пунктах класифікуються за таблицею 6.2 [10] (додаток В) і поділяються на повні розв'язки (такі, на яких відсутні взагалі перетинання потоків в одному рівні, є лише розгалуження та прилягання потоків) та неповні (на яких є перетинання другорядних доріг в одному рівні).

Так, повні розв'язки – це розв'язки I–IV класів, які влаштовуються на багаторядних магістралях безперервного руху (загальноміського значення, рідше – загально районного значення) у великих містах. Геометричні параметри таких розв'язок залежно від класу відрізняються розрахунковою швидкістю на лівоповоротних з'їздах.

Особливу увагу на таких розв'язках приділено пішохідному руху. Він може бути безперервний, повністю відокремлений від транспортних потоків (на розв'язках I та II класу), може бути безперервний, відокремлений на перехрещеннях з прямими та основними потоками, тоді як на перехрещеннях з іншими потоками допускається регульований рух (на розв'язках III–IV класів).

Розв'язки V класу є неповними і допускають регульовані чи саморегульовані поворотні потоки, тоді як прямі, магістральні потоки є безперервними та відокремленими.

Пішохідні потоки на таких розв'язках на перетинах з прямими потоками безперервні, повністю відокремлені; інші перетини можуть бути, залежно від потреби, безперервними, регульованими або нерегульованими [15].

Відокремленими потоками є такі, що не мають у межах розв'язки ділянок перестроювання (перехід з однієї смуги на іншу) і ділянок суміщення (рух потоків на одній смузі із наступним розгалуженням).

Відокремлення потоків здійснюється їх проектуванням в різних рівнях, за допомогою розділювальних смуг або встановленням огороження I групи [19].

Розділ 2. Перетинання та примикання доріг в одному рівні

2.1. Класифікація транспортних розв'язок в одному рівні

За умовами руху розв'язки поділяються на лінійні (рис. 2.1, а, б, в) і кільцеві (рис. 2.1, г)



а



б



в



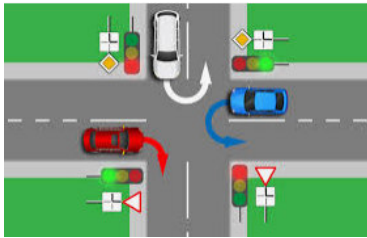
г

Рис. 2.1. Лінійні розв'язки (а, б, в) і кільцеві (г)

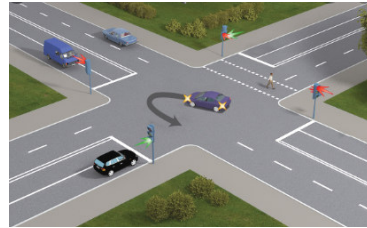
Спосіб регулювання залежить від інтенсивності і складу потоків, що конфліктують на перехресті, та місцевості (місто, сільський населений пункт, дорога залежно від призначення та інтенсивності руху).

У населених пунктах на конфігурацію та спосіб регулювання в значній мірі впливають пішохідні потоки, маршрутний транспорт, наявність велосипедного руху. Окрім того, слід мати на увазі, що реконструкція вузлів відбувається в умовах дорожньої мережі, яка склалася, часто щільно забудована, зокрема, житловими будинками.

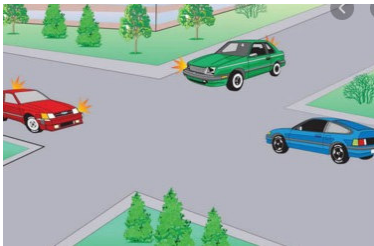
За способом надання пріоритету у русі розв'язки поділяються на регульовані (рис. 2.2, а, б) та нерегульовані (рівнозначних доріг, нерівнозначних доріг) (рис. 2.2, в, г)



а



б



в



г

Рис. 2.2. Розв'язки за способом надання переваги в русі: регульовані (а, б) і нерегульовані (в, г)

За ступенем технічної досконалості та безпеки руху транспортні розв'язки поділяються на:

I категорії – такі, на яких відсутні точки перетину потоків руху в одному рівні; це так звані повні транспортні розв'язки.

II категорії – такі, на яких є точки перетину потоків руху в одному рівні на другорядних напрямках руху; це так звані неповні транспортні розв'язки.

III категорії – розв'язки в одному рівні.

Вимоги до технічної досконалості визначаються класом та типом розв'язки.

Транспортні розв'язки залежно від категорії доріг, що перехрещуються або примикають, поділяються на класи (додаток А) [9, табл. 9.1, розділ 9.2.1]. У свою чергу, розв'язки в одному рівні поділяються на типи згідно класу розв'язки та категорій доріг, що перетинаються чи примикають [11, табл. 4.1].

Форма розв'язки відображає кількість і взаємне розташування доріг, що перетинаються. Форми розв'язок наведені на рисунку 2.3.

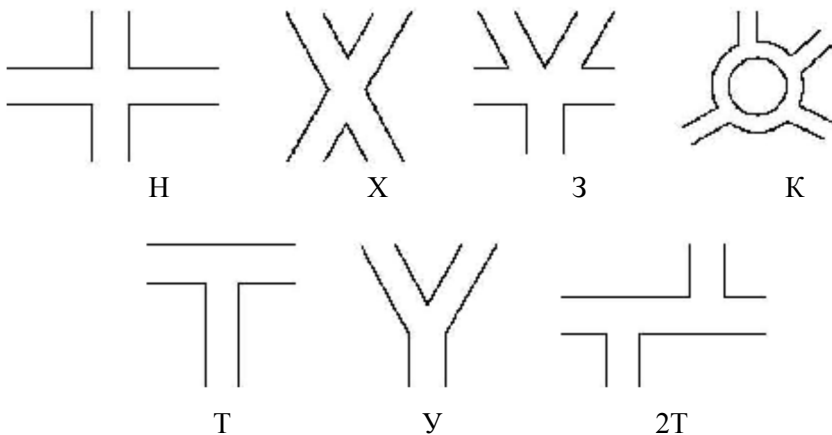


Рис. 2.3. Форми транспортних розв'язок

нормальні (Н) – дві дороги перетинаються під кутом від 75° до 105° (відраховується проти годинникової стрілки від головної дороги до другорядної);

Х-подібні (Х) – дві дороги перетинаються або примикають під кутом меншим ніж 75° або більшим ніж 105° ;

зіркові (З) – перетинається більше ніж дві дороги;

кільцеві (К) – перетинається дві та більше доріг, рух на розв'язці здійснюється по кільцю;

Т-подібні (Т) – примикання однієї дороги до іншої під кутом від 75° до 105° ;

У-подібні (У) – примикання однієї дороги до іншої в місці, де одна з доріг відхиляється від прямого напрямку або під кутом меншим ніж 75° чи більшим ніж 105° ;

зміщені (2Т) – два Т-подібні примикання однієї дороги до іншої на відстані між місцями примикання до 50 м у населених пунктах і до 100 м поза населеними пунктами.

Типи транспортних розв'язок та орієнтовні типи РТЗ, які рухаються по них, наведені у додатку Г

Тип розв'язки позначається наступним чином:

$X (X_1-X_2) \Phi$,

де Х – клас розв'язки згідно з ДБН В.2.3-4;

X1 – категорія головної дороги;
X2 – категорія другорядної дороги;
Ф – форма розв'язки.

Якщо на розв'язці перетинаються більш ніж 2 дороги, то категорії другорядних доріг слід зазначати через кому (у разі, якщо другорядні дороги різних категорій, першою слід вказувати дорогу вищої категорії).

Залежно від інтенсивності руху на лінійних розв'язках, вони можуть поділятися на підтипи (наведені у додатку И, рисунки 8.7, 8.8). У такому разі номер підтипу позначається через кому після позначення форми розв'язки арабською цифрою 1 або 2 (1.2):

X (X₁–X₂,X₃) Ф,1

Вимоги до транспортних розв'язок в одному рівні

Проїзд перехресть характеризується зменшенням швидкості руху (особливо на другорядній дорозі і тими транспортними засобами, що виконують поворот праворуч або ліворуч на перехресті), що призводить до збільшення часу на проїзд ділянки (це так звані втрати часу на перехресті) та підвищеною ймовірністю виникнення конфліктних ситуацій, які закінчуються дорожньо-транспортними пригодами. Проїзд перехресть завжди вимагає від водіїв підвищеної уваги.

Розв'язки повинні забезпечити:

- зрозумілість для водіїв задля безпечного та своєчасного здійснення необхідних маневрів;
- безпечне та комфортне перевлаштування транспортних засобів у транспортному потоці для виконання маневрів;
- комфортність проїзду транспортних потоків, зокрема транзитних.

Зрозумілість розв'язок забезпечується плануванням розв'язки та організації дорожнього руху на ній; водіям має бути вчасно надано необхідну інформацію, зокрема, про подальші напрямки руху, за допомогою дорожніх знаків, розмітки та іншого обладнання.

Приклад організації дорожнього руху на перехресті наведено у додатку М.

Безпека та комфортність перевлаштування обумовлюються належною видимістю самого перетину та ділянок доріг, що його утворюють, для можливості завчасної оцінки водіями транспортної ситуації на перетинанні і прийняття правильного рішення щодо режиму руху; можливістю вчасного перевлаштування (при наявності декількох смуг руху на підході до перетинання),

прийняттям заходів для забезпечення пропуску транспортних засобів з переважним правом проїзду та пішоходів.

Комфортність проїзду досягається плавністю і безперервністю руху, мінімізацією часу на проїзд перетинання.

Умови руху на розв'язках визначаються плануванням перехрестя та умовами видимості.

Планування перехрестя

На перетинах в одному рівні на безпеку руху великий вплив має **кут перетину (прилягання) доріг**, який вимірюють в точці перетину осей або кромek проїзних частин. Перехрещення та примикання доріг в одному рівні незалежно від прийнятої схеми необхідно виконувати під кутом від 75° до 105°.

Окреслення примикання крайок проїзної частини виконується коловими кривими згідно з п. 9.2.2.4 [9].

Найменший радіус колових кривих при примиканні доріг необхідно приймати за нормами більш високої категорії дороги, з якої здійснюється з'їзд:

У населених пунктах та на примиканнях відомчих (технологічних) доріг мінімальний радіус повинен бути розрахований під склад транспортного потоку, але не менше ніж 12 м.

За відповідного обґрунтування в населених пунктах на примиканнях вулиць допускається зменшення радіуса до 8 м.

Мінімальні розміри розв'язок разом з узбіччям повинні забезпечити можливість виконання маневру на ньому спеціальним або спеціалізованим транспортом.

Забезпечення видимості

Умови видимості на перехрестях визначаються відстанню бічної видимості (відстані видимості транспортних засобів, пішоходів, велосипедистів) з точок зору водія автомобіля, розташованих на відстані 1,5 м від краю проїзної частини (крайньої смуги руху) на висоті від 1,1 м до 2,5 м над поверхнею дорожнього покриття (рис. 2.4, табл. 2.1).

Для цього передбачають:

кути перетинань близькі до 90°;

розташування перетинів в плані на прямолінійних ділянках, в профілі – на увігнутих вертикальних кривих і поздовжніх ухилах не більше 20%,

перетин другорядної дороги в зниженому місці,
усунення перешкод із зони видимості.

Це вимагає в ряді випадків зміни поздовжнього профілю другорядної дороги.

При неможливості забезпечення безпосередньої видимості дороги, що перетинається, в межах перетину конструктивно-планувальними рішеннями забезпечують зорове уявлення про напрям дороги. Для цього застосовують посадки дерев, розриви в притрасових лісопосадках тощо [1].

Не допускається розміщення будь-яких споруд, у тому числі тимчасових, та зелених насаджень заввишки понад 1,2 м у зоні забезпечення видимості.

Найменша відстань **бічної видимості** від крайки проїзної частини повинна бути 25 м для доріг I-а – II категорій і 15 м – для доріг III – V категорій.

Видимість **у напрямку руху** з метою надання учасникам руху можливості своєчасно побачити і визначити напрямок подальшого руху транспортного засобу, який наближається до розв'язки з боку головної або другорядної дороги, [п. 4.6 9].

Таблиця 2.1

Вимоги до видимості на транспортних розв'язках

	Розрахункова швидкість руху, км/год											
	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	
Відстань видимості м,	335	290	250	210	175	145	115	90	70	50	35	

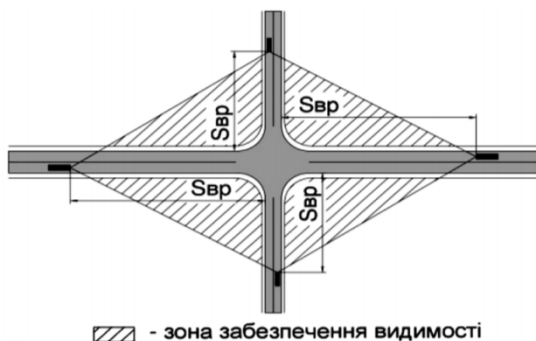


Рис. 2.4. Схема визначення зони видимості на перехресті (трикутник видимості на перехресті)

Відстань бічної видимості порівнюють з розрахунковими, які визначають з урахуванням швидкостей руху на дорогах, що перетинаються, та тривалості часу орієнтування водія і часом його реакції

$$L = v(t_{op} + t_p) + \frac{K_e v^2}{254(\varphi \pm i)} + \Delta, \text{ м}, \quad (2.1)$$

де v – швидкість руху, розрахована за даними спостереження для забезпеченості 95%;

t_{op} – тривалість орієнтування водія, с t_p – час реакції водія, (дорівнює 1,5 с);

K_e – характеристика експлуатаційного стану гальмівної системи автомобіля (приймається 1,2);

φ – коефіцієнт поздовжнього зчеплення;

i – поздовжній ухил (при спуску – зі знаком „-”);

Δ – відстань від автомобіля, що зупинився, до кромки проїзної частини, $\Delta = 1,5\text{м}$.

Тривалість орієнтування оцінюється з урахуванням місцевих умов руху:

$$t_{i\delta} = t_i (1 + K_1 + K_2 + K_3), \text{ с} \quad (2.2)$$

де t_o — найменша тривалість орієнтування в оптимальних умовах (для позаміських доріг $t_o = 1,4$ с, для доріг у населених пунктах 1,8 с);

K_1 — коефіцієнт, який враховує наявність автомобілів, що стоять на узбіччях доріг, які перетинається (якщо зупинка або стоянка автомобілів в межах перетинів дозволена, $K_1 = 0,32$; при забороні зупинки $K_1 = 0$);

K_2 – коефіцієнт, який враховує щільність руху на дорозі, що перетинається.

Таблиця 2.2

Коефіцієнт, який враховує щільність руху на дорозі, що перетинається

Інтенсивність руху по дорозі, що перетинається, авт./год	до 50	75	200	500
К ₂	0,15	0,22	0,35	0,53

K_3 – коефіцієнт, що враховує інтенсивність руху на дорозі, з якою визначається відстань бічної видимості приймається за таблицею 2.3.

Таблиця 2.3

Коефіцієнт, що враховує інтенсивність руху на дорозі, з якою визначається відстань бічної видимості

Інтенсивність руху, авт./год	до 30	50	100	300
K_3	0	0,12	0,20	0,22

У населених пунктах, де видимість при виїзді з другорядної дороги на головну обмежена капітальними будівлями, при відповідному обґрунтуванні допускається встановлення **дорозніх дзеркал**.

Якщо на розв'язці неможливо забезпечити вимоги видимості у напрямку руху для водіїв, пішоходів або велосипедистів, вона підлягає перепроєктуванню або перенесенню в інше місце, також можливо встановлення світлофорів згідно з нормативними документами (переважно, у населених пунктах) або перенесення пішохідний перехід в інше місце.

Транспортним завантаженням розв'язки називають суму транспортних потоків, які входять на розв'язку або виходять з неї (ці значення повинні співпадати).

При визначенні інтенсивності руху на перетині потрібно зібрати дані про об'єми та склад транспортних потоків у кожному напрямку руху на перехресті. Для наочності та зручності використання ці дані прийнято зображувати у вигляді **картограми транспортних потоків** в обраному масштабі.

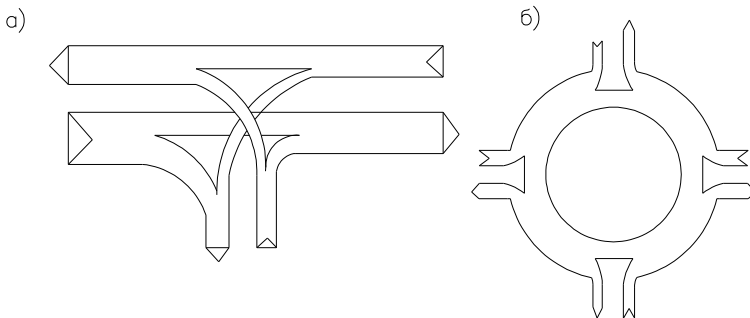


Рис. 2.6. Картограма руху: а – на приляганні; б – на колійній розв'язці

Швидкість руху транзитних потоків вимірюється на відстані 400-500 м в обидві сторони від перетину у 8–10 перерізах. За цими даними визначають зону впливу перетину. Зона впливу перехрестя обмежується перерізами, у яких коефіцієнт безпеки

(відношення швидкості руху, виміряної у даному перерізі, до швидкості руху на перегоні) дорівнює 0,85.

Питання для самоконтролю

1. *Що називають вузлом автомобільних доріг? Чим вузол автодоріг відрізняється від транспортного вузла?*
2. *Які ви знаєте транспортні розв'язки в одному рівні за конфігурацією?*
3. *На які категорії поділяють вузли автомобільних доріг за ступенем технічної досконалості та безпеки руху?*
4. *Які групи вузлів автомобільних доріг виділяють за конструкцією?*
5. *Чим забезпечується комфортність проїзду розв'язки в одному рівні?*
6. *Які вимоги щодо забезпечення видимості на перетинаннях та примиканнях автомобільних доріг.*
7. *Що називається транспортним завантаженням розв'язки?*

2.2. Планувальні рішення перехресть

2.2.1. Траєкторія руху автомобіля на повороті. Динамічний коридор

Зміна напрямку руху, як правило, здійснюється по криволінійній траєкторії малого радіусу, що спричиняє вплив достатньо великої відцентрової сили і, як наслідок, негативно позначається на стійкості та керованості автомобіля [7].

Траєкторія руху автомобіля має три ділянки: вхідна перехідна крива, кругова крива, вихідна перехідна крива. При радіусах поворотів менше 10 м довжини вхідних перехідних кривих незалежно від повного кута повороту залишаються майже незмінними (14,4–15,3 м). Це пояснюється тим, що для надання керованим колесам потрібного кута повороту (відповідно до радіусу) водій витрачає один і той самий час, оскільки інтенсивність повертання рульового колеса залишається незмінною. Зростання відцентрового прискорення при радіусі заокруглення менше 10 м становить 0,85–1,0 м/с³.

Довжина вихідної кривої і кут повороту поздовжньої осі автомобіля на ній також близькі до сталої величини (це пояснюється способом керування автомобілем). Кругова крива є в

усіх траєкторіях руху при радіусах менше 10 м. Ця крива зсунута відносно середини заокруглення в бік вихідної кривої. Величина радіусу кривизни цієї кривої дорівнює мінімальному радіусу повороту для даного автомобіля:

$$R_{\text{мін.}} = 2L, \text{ м}, \quad (2.3)$$

де L – база автомобіля (легкового – 2,5-3м, вантажного – 5-7м, автопоїзда – 18м. Basisю автомобіля називають відстань від передньої до задньої осі автомобіля).

Більш пологою стає траєкторія руху при збільшенні радіуса заокруглення з'їзду, але характер її не змінюється. Вона також складається з трьох частин, проте співвідношення між їх довжинами змінюється. При одному й тому самому куті повороту відносна довжина кругової вставки збільшується із зростанням радіуса повороту. Збільшується при цьому й кут повороту поздовжньої осі автомобіля, тоді як співвідношення кутів повороту α_1 (вхідна крива) та α_3 (вихідна крива) залишаються незмінними: $\alpha_1 : \alpha_3$ (1,65–1,83), в середньому $\alpha_1 : \alpha_3 = 1,78$.

Менший кут повороту поздовжньої осі автомобіля на вихідних кривих пояснюється тим, що на цій ділянці траєкторії водій поступово зменшує відцентрове прискорення I , хоча абсолютна величина його більша, ніж на вхідній траєкторії (перед входом у поворот водій знижує швидкість руху, а після проходження половини заокруглення дещо збільшує швидкість).

На початку вихідної кривої зростання відцентрового прискорення $I = 1,3 \dots 1,5 \text{ м/с}^3$, на виході $I = 0,3 \dots 0,5 \text{ м/с}^3$.

Динамічний коридор (динамічний габарит) автомобіля

Для автомобіля, що повертає, потрібна ширша смуга руху внаслідок того, що кожне його колесо рухається по своїй власній траєкторії. Більший радіус буде в переднього зовнішнього відносно центру повороту колеса, найменший радіус – (рис. 2.7) у внутрішнього заднього колеса.

Параметри траєкторії повороту визначаються зовнішніми габаритами кузова та радіусом повороту внутрішнього заднього колеса. Зовнішнє переднє колесо рухається по кривій, радіус якої визначається конструкцією рульового механізму; радіус заднього внутрішнього колеса залежить від відстані між переднім бампером та задньою віссю автомобіля.

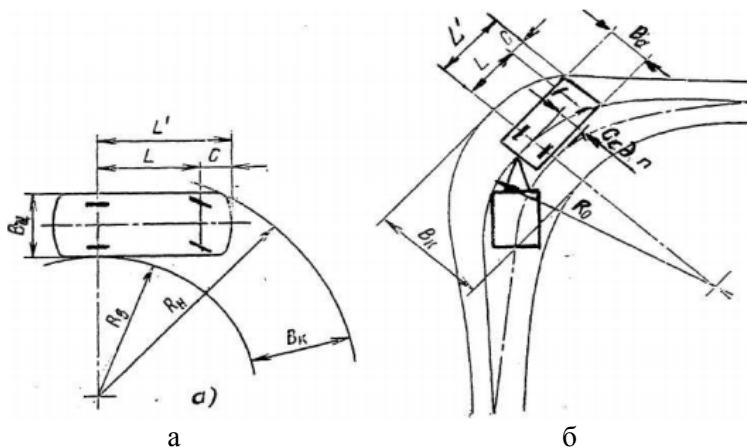


Рис. 2.7. Динамічний коридор на повороті:

а – одиночного автомобіля, б – автопоїзда:

L – відстань між передньою та задньою віссю (база автомобіля), м;
 R_0 – радіус кривизни кругової траєкторії, по якій рухається середина заднього моста тягача; м; B_a – габаритна ширина, м

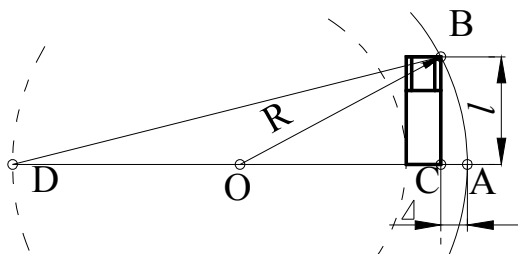


Рис. 2.8. Схема траєкторії руху на повороті

Потрібне розширення однієї смуги руху Δ (рис. 2.8) на повороті визначається формулою:

$$\Delta = \frac{L^2}{2R}, \text{ м}, \quad (2.4)$$

де L – база автомобіля, м;

R – радіус повороту, м.

Формула (2.4) не враховує відхилень автомобіля від середньої траєкторії, що неминуче при збільшенні швидкості руху.

Необхідне розширення смуги руху для більшої швидкості, ніж мінімально допустима на повороті, визначається за формулою (2.5):

$$\Delta = \frac{L^2}{2R} + \frac{0.05v}{\sqrt{R}}, \text{ м.} \quad (2.5)$$

Наявність бордюру або огородження вимагає поширення проїзної частини на величину $(2h...2,5h)$, де h – висота бордюру або огородження.

2.2.2. Проектування системи прилягань та перетинань на позаміських дорогах

При розробці проекту вузла перетину доріг планувальне рішення приймають залежно від перспектив розвитку доріг, що перетинаються. При цьому враховують такі фактори:

- просторове положення вузла перетину, його перебування в системі дорожньо-транспортної мережі,
- узгодженість з іншими типами розв'язок і організацією руху,
- його видимість, наочність і зрозумілість водієві.

При розміщенні та влаштуванні перетинань і примикань на вперше проєктованих і реконструйованих дорогах керуються вимогами, спрямованими в першу чергу на підвищення безпеки руху, а саме:

1. По трасі проєктованої дороги встановлюють можливі місця перетинань і примикань, вивчають їх необхідність і доцільність, по можливості обмежуються мінімальною їх кількістю, максимально використовуючи паралельні і внутрішньогосподарські дороги. Відповідно до ДБН В.2.3-4 відстань між перетинами повинно бути, як правило, не менше 2 км [9].

Розв'язки доріг рекомендується розташовувати на вільних від забудови територіях. Поздовжній похил доріг на підходах до дорожніх розв'язок на відстані видимості для зупинки автомобіля повинен бути до 40%.

В проєктну документацію, відповідно, закладаються заходи з організації руху місцевого транспорту.

Відомчі (технологічні) автомобільні дороги, ґрунтові дороги та шляхи проходу тварин при перехрещенні з дорогами I-а, I-б, II та III категорій необхідно суміщати з ближніми штучними спорудами. У випадку, коли такі споруди відсутні, їх необхідно передбачати за умов погодження з органами місцевого самоврядування та органами охорони навколишнього природного середовища.

Габарити споруд необхідно призначати згідно з ДБН В.2.3-14 [21].

2. Відповідно до категорії проєктованої дороги встановлюють головну і другорядну дороги, зумовлюючи розстановку показників і знаків.

3. По трасі проєктованої дороги передбачають на перетинах та приляганнях з іншими дорогами, по можливості, однотипні планувальні рішення.

4. При проєктуванні плану і поздовжнього профілю автомобільної дороги на перетинах прагнуть забезпечити **максимальну глибину видимості і наочність вузлів перетинів**.

Земляне полотно в зоні перетину розташовують в нульових відмітках або насипах не вище 1 м. Укоси земляного полотна влаштовують не крутішими 1:3.

Не можна розташовувати перетини автомобільних доріг у виїмках, тому що у таких випадках важче забезпечити належну видимість. Окрім цього, саме виїмки найчастіше заносяться снігом, отже, погіршується зчеплення коліс автомобілів з дорогою. У виняткових випадках, з метою забезпечення видимості, в зоні перетину виконується зрізування укосів виїмки.

На примиканнях доріг, що не мають твердого покриття, до доріг загального користування необхідно влаштовувати тверде покриття завширшки 4,5 м та завдовжки згідно з таблицею 2.4 [9, табл. 9.2].

Примикання відомчих (технологічних) доріг до доріг I категорії не допускається.

Таблиця 2.4

Мінімальна довжина влаштування твердого покриття на примиканнях доріг

Ґрунт земляного полотна з'їзду	Довжина твердого покриття на примиканнях до доріг категорій, м		
	I-б - III	IV	V
Пісок, супісок, суглинок легкий	100	50	25
Чорнозем, глина, суглинок важкий та пілуватий	200	100	50

5. У межах перетинів не допускають використання граничних значень поздовжніх і поперечних ухилів, кривих в плані та поздовжньому профілі мінімальних радіусів.

Поздовжній профіль другорядної дороги повинен бути підпорядкований поперечному ухилу проїзної частини головної дороги. При великих поздовжніх ухилах на другорядній дорозі можна відмовитися від сполучення проїзної частини головної дороги вертикальної кривої з заданим ухилом і допускати пряме примикання другорядної дороги з ухилом, що сприяє зниженню обсягів земляних робіт, якщо різниця ухилів в точках сполучення на перевищує 40%. Мінімальні радіуси вертикальних кривих для таких рішень рекомендується приймати: для опуклих кривих 500 м, для увігнутих – 200 м. Однак у всіх випадках потрібно виконувати перевірку на умову забезпечення видимості.

Перетин вважають зручним для руху за умови, якщо при здійсненні поворотних маневрів великовантажними автомобілями та автопоїздами не виникає труднощів.

2.2.3. Планувальні рішення перетинань та прилягань

Вибір класу і форми розв'язки, з урахуванням умов її розташування, здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів згідно з [9]. Вибір типу розв'язки та призначення її геометричних параметрів має здійснюватися на основі перспективної інтенсивності руху транспорту, визначеної з урахуванням вимог ДБН В.2.3-4, перерозподілу його за напрямками, а також наявності у складі поворотних транспортних потоків автопоїздів та/або автобусів – потенційних РТЗ. Параметри повороту та динамічний габарит РТЗ наведено у додатку Д, схеми влаштування лінійних транспортних розв'язок наведені у додатку И.

Перед вибором типу розв'язки необхідно визначитись щодо розподілу інтенсивності руху за напрямками руху (скласти картограму транспортних потоків). Інтенсивність руху надається у вигляді епюри, на якій зазначається загальна інтенсивність руху та склад транспортного потоку: кількість автопоїздів, вантажних та легкових автомобілів, маршрутного транспорту. Дані наводяться в авт./добу. У разі необхідності (на розв'язках, де інтенсивність у «пікові» години може значно відрізнятись від середньодобової) проектувальник може приймати інтенсивність авт./годину.

Приведення складних схем перетинань до простих

Планування перетину і засобу організації руху повинні підкреслювати переваги проїзду по головній дорозі (дорозі з

найвищою інтенсивністю руху), допускаючи деяке ускладнення виконання маневрів з другорядної дороги.

Для забезпечення видимості рекомендується перетинання виконувати під кутом $75^\circ \leq \alpha \leq 105^\circ$, для цього можливо коректування плану траси другорядної дороги так, щоб на відстані не менше 20 м вісь другорядної дороги була прямою, перпендикулярною до осі головної дороги (рис. 2.9). Кут перетинання відраховується проти стрілки годинника від напрямку головної дороги (рис. 2.10, а)

Слід уникати проектування Y-подібних та X-подібних розв'язок, особливо в сільській місцевості. Доцільно їх замінити на T-подібні, зміщені, кільцеві або змінити конфігурацію розв'язки із зміною кута перехрещення (рис. 2.9).

Якщо в зоні перетинання більше чотирьох, а в зоні прилягання більше трьох підходів доріг, слід складний вузол перетворити у простіший (рис. 2.10), змінюючи розташування деяких доріг. Відстані l встановлюють довжиною не менше 20 м із врахуванням кількості автомобілів, які очікують на другорядній дорозі.

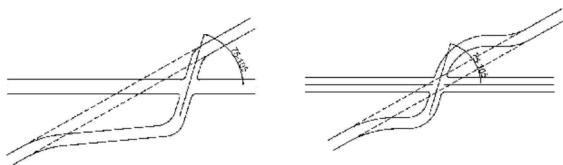


Рис. 2.9. Приклади зміни конфігурації розв'язки для зміни кута перехрещення

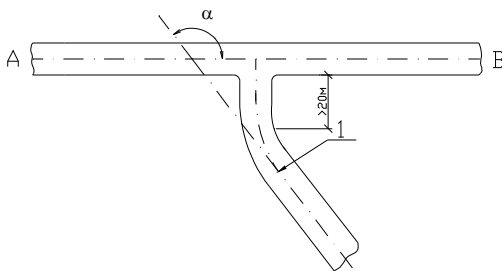


Рис. 2.10. Схема зміни осі другорядної дороги 1:
АВ – головна дорога, α – кут перетинання (існуючий)

Приведення складних схем до простих має передбачати заходи, що попереджають рух автомобілів по найкоротших відстанях з виїздом у непередбачувальних місцях.

При великих ускладненнях застосування простих схем на деяких ділянках варто організувати односторонній рух.

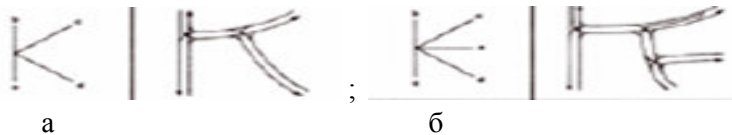


Рис. 2.11. Приведення складних схем прилягань до простих

При реконструкції прилягань у складних умовах можлива зміна їх планування задля покращення умов руху на головній дорозі із забезпеченням оптичного трасування (рис. 2.12).

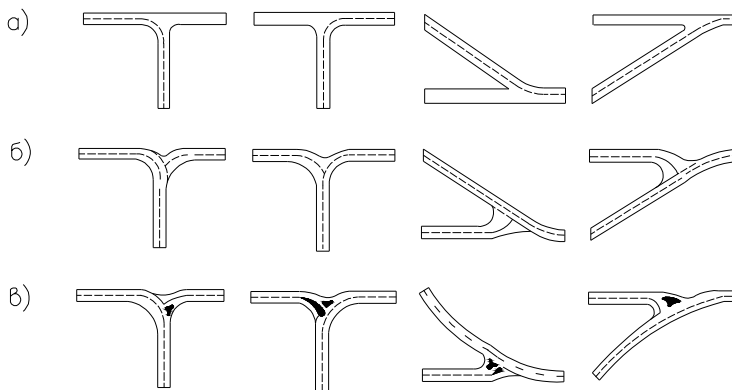


Рис. 2.12. Схеми зміни прилягань з покращенням умов руху на головному напрямку дороги: *а* – існуючі схеми; *б* – варіант без каналізування, перехідно-швидкісних смуг, і острівців безпеки; *в* – варіант з острівками безпеки і смугою гальмування для лівого повороту

Такі рішення допускаються лише при неможливості прокладання траси головної дороги по прямій або кривій великого радіуса і при забезпеченні можливості виконання прилягання другорядної дороги під кутом, близьким до прямого.

У населених пунктах теж часто виникають питання щодо зміни конфігурації перехресть з метою покращення умов руху пішоходів, забезпечення стабільної роботи розв'язки тощо. На

рис. 2.13 наведено зміни конфігурації площ, утворених магістральними 4-х смуговими вулицями та вулицями місцевого значення

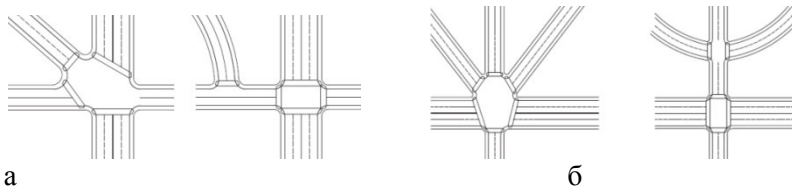


Рис. 2.13. Приведення складних міських площ до простих перетинань:
а – утворенням додаткового тристороннього перехрестя; б – утворенням додаткового чотирьох стороннього перехрестя

2.2.4. Каналізування руху. Види та форма острівців безпеки

Каналізування руху полягає в тім, що на проїзній частині виділяються зони (острівці безпеки), в'їзд на які автомобілям заборонено. Таким чином, забезпечується:

- розподіл транспортних потоків за напрямками;
- виключення зайвої площі проїзної частини з руху та ущільнення зони конфлікту до розмірів конфліктної точки;
- забезпечення правильного початкового та кінцевого положення автомобіля під час виконання маневру;
- захист пішоходів і засобів регулювання руху;
- примусове зниження швидкості транспортного потоку.

Прикладом неформального каналізування руху є спостереження за траєкторією руху автомобілів на засніженому покритті (рис. 2.14).

Використання напрямних острівців вимагає деякого збільшення площі розв'язки – збільшення кількості «каналів» збільшує будівельні витрати, порте покращує безпеку руху.

Критерієм безпеки руху є вектор відносної швидкості: відносна швидкість руху двох транспортних засобів, які рухаються суміжними смугами з однаковими швидкостями, є нульовим. При протилежних напрямках руху відносна швидкість руху дорівнює сумі швидкостей обох транспортних засобів і є найбільшою. З цього випливає, що при малих кутах відхилень ступінь небезпеки зіткнень є найменшою. При каналізуванні за допомогою острівців

безпеки різного типу транспортні засоби зустрічаються лише в одній конфліктній точці, що досить легко контролювати.



Рис. 2.14. Утворення траєкторій руху на засніженому покритті

Напрявні островці влаштовують з метою:

- розділення протилежних потоків руху;
- використання їх для облаштування островців безпеки для пішоходів та велосипедистів;
- встановлення дорожніх знаків або розміщення елементів дороги (опор освітлення, опор надземних пішохідних переходів тощо).

Ширину прямогого островця, як правило, приймають 2,5 м (для можливості розміщення островця безпеки для пішохідного переходу). У стислих умовах допускається ширину зменшувати до 1,60 м.

За формою напрямні островці можуть бути, як правило, прямокутні або трикутні (рис. 2.15).

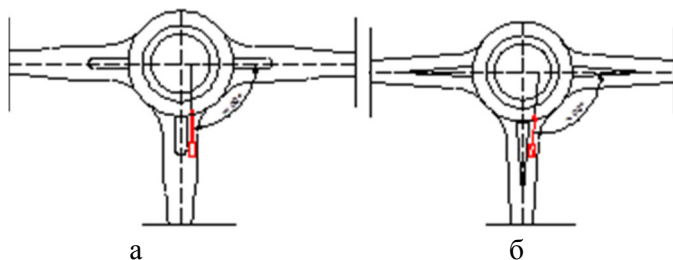


Рис. 2.15. Типи островців безпеки: а – прямокутний; б трикутний (крапле- або грушоподібний)

Напрявні острівці на головній та другорядній дорогах призначені для упорядкування руху. Вони розділяють транзитний транспорт та транспорт, який повертає, або транспортні потоки різних напрямків, виділяючи для кожного з них самостійні смуги руху, які забезпечують плавне розділення або злиття потоків.

На головній дорозі напрямні острівці потрібно влаштовувати краплеподібної форми. Для лівоповоротного руху напрямні острівці влаштовуються трикутної форми. На другорядній дорозі острівці влаштовують трикутні (багатокутні) та краплеподібні. Якщо довжина сторони острівця менша за 5 м, на другорядній дорозі можуть влаштовуватися лише краплеподібні острівці.

Напрявні острівці виділяють горизонтальною розміткою згідно з нормативними документами.

У районах з незначною снігозаносимістю або із забезпеченим снігозахистом для більш ефективної організації руху напрямні острівці другорядних доріг доцільно робити підвищеними над проїзною частиною та обрамляти скошеним бордюром або іншим аналогічним облаштуванням згідно з нормативними документами. При цьому контури острівців зміщують на 0,5 м від крайок смуг руху (перехідно-швидкісних смуг).

Ширину смуги руху другорядної дороги у випадку влаштування напрямних острівців (острівців безпеки) слід приймати 4,5 м. Відгін від ширини смуги руху другорядної дороги до ширини 4,5 м влаштовують на відстані 20 м до початку острівця.

За формою напрямні острівці можуть бути, як правило, прямокутні або трикутні. Залежно від кута перехрещення (прилягання) доріг вони можуть приймати форму еліпсу (використовуються як охоронні, запобігаючи наїздові на пішоходів у місцях їх тимчасового перебування на проїзній частині); перемінної кривизни, (при зміні кута прилягання доріг), трикутні острівці можуть бути видовжені вздовж осі головної дороги (використовуються як розділювальні острівці для забезпечення лівих поворотів з основної дороги на другорядні. Частина цих острівців може використовуватися як додаткова смуга в місцях повороту).

Окремим випадком є кругові острівці, які використовуються як центральні для організації руху по колу.

Краплеподібна форма розділювальних острівців зручна для проїзду по кільцю (вимагає меншого обертання водієм рульового колеса).

Форма острівця повинна забезпечувати плавність руху транспортних засобів. Форму напрямних острівців рекомендується приймати залежно від їх призначення:

- острівці прямокутної форми у поєднанні з малими радіусами заокруглення (як правило, виконують охоронну функцію) на вході примушують до зниження швидкості руху за рахунок візуального впливу на водія, який в'їжджає під кутом 90° до проїзної частини малої кільцевої розв'язки. Крім того, острівці такої форми дають можливість розмістити на ньому острівець безпеки для влаштування наземного пішохідного переходу;

- острівці трикутної форми (переважно направляючі) рекомендується застосовувати у випадках, коли швидкість транспортних засобів при під'їзді до малої кільцевої розв'язки уже низька і зберігається за рахунок збільшення кута входу на кільце.

У разі наявності наземного пішохідного переходу довжина острівця повинна бути не менша ніж 9 м, щоб забезпечити мінімальну ширину пішохідного переходу (4 м) та мінімальну відстань для розміщення одного легкового автомобіля між розміткою пішохідного переходу та крайкою колової проїзної частини (5 м), де він повинен зупинитися, щоб пропустити пішохода чи транспортний потік, який рухається по кільцю (рис. 2.16).

Якщо острівець безпеки виконаний піднятим над проїзною частиною і обрамлений бордюром, до мінімальної довжини слід додати 1 м для встановлення дорожнього знаку 4.7 «Об'їзд перешкоди з правого боку» згідно з нормативними документами.

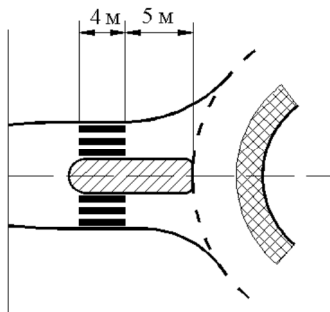


Рис. 2.16. Розміщення пішохідного переходу з влаштуванням острівця безпеки за рахунок напрямного острівця

Форма та вид острівця визначається планом розв'язки, на якому спочатку формуються канали для головних потоків, потім для другорядних. В останню чергу формуються канали для тих потоків, які повертають.

Контури направляючих острівців повинні забезпечувати перетин потоків під оптимальними для наступного маневру кутами. Злиття і розгалуження потоків повинні відбуватися під гострими кутами, що, окрім забезпечення безпеки руху, прискорює процес входження автомобіля в потік або виходу його з потоку. Перетини потоків доцільні під кутами, близькими до 90° , що покращує оглядовість для водіїв. Ця вимога краще за все виконується при краплеподібній обтічній формі направляючих острівців (рис. 2.17).

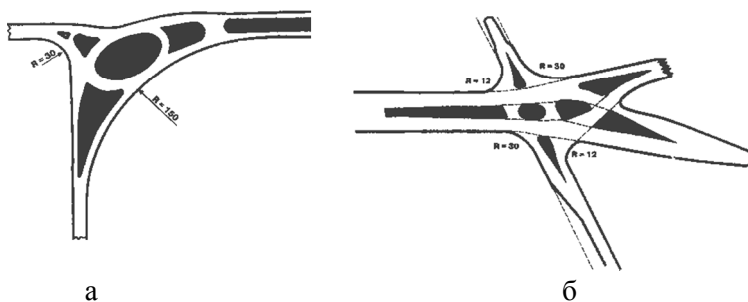


Рис. 2.17. Приклади каналізування розв'язок: а – розв'язка з одним напрямком, що переважає; б – каналізування розв'язки з п'ятьма підходами

На головній дорозі наявність острівців безпеки при каналізованому русі знижує швидкість транзитного потоку, а в умовах недостатньої видимості або освітленості можливі помилки водіїв та заїзди на ці острівці. Ці недоліки можуть бути усунені поширенням проїзної частини. При малих радіусах лівих та правих поворотів з головної дороги розміри одного з трикутних направляючих острівців зменшуються.

Для забезпечення каналізування руху на другорядній дорозі необхідні три направляючих острівця: центральний краплеподібний (для забезпечення необхідного кута перехрещення потоків і розподілу зустрічного руху на другорядній дорозі) і два трикутних острівця (для відокремлення правих поворотів від лівих). Кількість цих острівців при будь-яких кутах перехрещення завжди залишається постійною. Змінюються лише їх розміри та обриси.

Направляючі острівці можуть бути відокремлені від проїзної частини бордюром, за допомогою розмітки або влаштуванням дорожнього покриття іншого кольору.

Якщо смуги відокремлені острівцями, які підвищені над проїзною частиною, необхідно поширення смуг руху на $2-2,5 h$ (де h – висота бордюру), оскільки водій відхиляє автомобіль від краю проїзної частини тим більше, чим більша висота бордюру або огороження.

На другорядних дорогах, де швидкість руху менша, поширення повинно становити $2,5-3 h$, ефективність острівців збільшується застосуванням бордюрів, оскільки вони запобігають виїздам на зустрічну смугу, укріплюють крайку проїзної частини, запобігають виносу бруду на головну дорогу.

Кількість острівців повинна бути мінімальною. Розмір сторін трикутних острівців приймають не менше 10 м, довжину краплеподібних острівців – не менше 20 м. Радіус заокруглення гострих кутів проїзної частини та напрямних острівців повинен бути від 0,5 м до 1,0 м. Приклад влаштування напрямних острівців наведено у додатку Е.

2.3. Методика проектування розв'язок

Транспортні розв'язки проектуються як набір окремих складових, які ув'язуються між собою:

- безпосередньо зона примикання (перехрещення),
- перехідно-швидкісні смуги,
- зупинки маршрутного транспорту,
- напрямні острівці,
- острівці безпеки,
- ліві віднесені повороти,
- пішохідні переходи.

Нагадаємо основні вимоги до проєктованих перехресть:

- перехрещення та примикання доріг в одному рівні незалежно від схеми розв'язки необхідно виконувати під кутом від 75° до 105° .
- поздовжній похил другорядної дороги, яка примикає до головної, на відстані 20 м від крайки проїзної частини головної дороги не повинен перевищувати 40‰.
- на автомобільних дорогах II-III категорій смугу для лівого повороту необхідно влаштовувати за рахунок зміни ширини

узбіччя або земляного полотна, а в обмежених умовах і за рахунок зменшення ширини основної смуги руху до 3,25 м.

Найменший радіус колових кривих при примиканні доріг необхідно приймати за нормами більш високої категорії дороги, з якої здійснюється з'їзд:

- з доріг I-II категорій – не менше ніж 25 м,
- з доріг III категорії – 20 м,
- з доріг IV і V категорій – 15 м.

При розрахунку на регулярний рух автопоїздів (від 5% у складі потоку, але не менше ніж 5 авт./добу) радіуси на з'їздах необхідно збільшувати до 30 м згідно [9, п. 9.2.2.4].

2.3.1. Послідовність розробки плану розв'язки

Залежно від інтенсивності руху та складу поворотного транспортного потоку для кожного напрямку призначають відповідну смугу за динамічним габаритом РТЗ. Параметри повороту та динамічний габарит РТЗ наведено у додатку Д, у додатку Ж наведена схема розрахунку динамічного габариту РТЗ.

Після визначення загальної схеми розв'язки і вирішення питань організації руху маршрутного транспорту, пішоходів, велосипедистів необхідно скласти (у масштабі 1:500 або 1:1000) план розв'язки разом з навколишньою обстановкою, перевірити графічним способом забезпечення видимості у напрямку руху згідно з 4.6 [9] та визначити межі площі, на якій не повинно бути перешкод для видимості.

Окреслення примикання крайок проїзної частини потрібно виконувати коловими кривими.

Напрявні острівці **на головній дорозі** потрібно влаштовувати краплеподібної форми. Для лівоповоротного руху напрямні острівці влаштовуються трикутної (краплеподібної) форми.

На другорядній дорозі острівці влаштовують трикутні (багатокутні) та краплеподібні. Якщо довжина сторони острівця менша ніж 5 м, то на другорядній дорозі трикутні острівці не влаштовуються, а можуть влаштовуватися лише краплеподібні.

Краплеподібна форма розділювальних острівців зручна для проїзду по кільцю (вимагає меншого обертання водієм рульового колеса)

Напрявні острівці виділяють горизонтальною розміткою або бордюром.

Радіус заокруглення гострих кутів напрямних островців повинен бути від 0,5 м до 1,0 м.

Після моделювання динамічного габариту на розв'язках має бути передбачений вільний простір від межі габариту: 0,50 м до крайки проїзної частини з боку узбіччя і 0,25 м з боку розділювальної смуги, островця безпеки, прямого острова, лінії поздовжньої розмітки смуг руху.

При наявності на розв'язці дорожнього огородження відстань від межі динамічного габариту до нього повинна бути не менше ніж 1,00 м. Допускається на розв'язках заповнення проїзної частини другорядної дороги динамічним габаритом наступного транспортного засобу.

У районах з незначною снігозаносимістю або із забезпеченим снігозахистом для більш ефективної організації руху напрямні островці другорядних доріг доцільно робити підвищеними над проїзною частиною та обрамляти скошеним бордюром або іншим аналогічним згідно з нормативними документами. При цьому контури островців зміщують на 0,5 м від крайок смуг руху (перехідно-швидкісних смуг).

Ширину смуги руху другорядної дороги у випадку влаштування напрямних островців (островців безпеки) слід приймати 4,5 м. Відгін від ширини смуги руху другорядної дороги до ширини 4,5 м влаштовують на відстані 20 м до початку острова.

Приклад влаштування напрямних островців наведено у додатку Е.

2.3.2. Проектування перехідно-швидкісних смуг

Безпека і режим руху автомобілів на перетині в значній мірі залежать від умов видимості елементів перехідно-швидкісних смуг.

Перехідно-швидкісні смуги (далі ПШС) за призначенням поділяються на:

- смуги гальмування – для зниження швидкості руху (рис. 2.18, а);
- смуги розгону – для збільшення швидкості перед в'їздом на основні смуги руху (рис. 2.18, б).

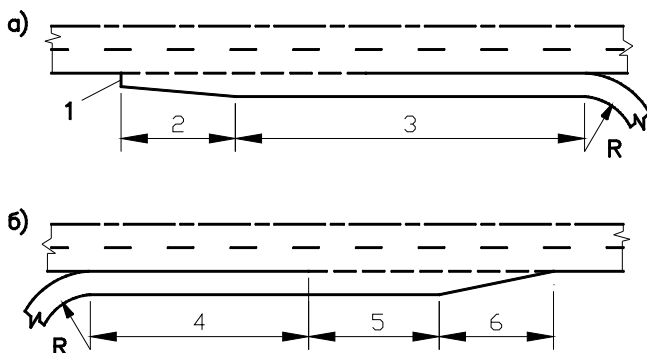


Рис. 2.18. Елементи смуг гальмування (а) і розгону (б): 1 – уступ шириною 0,5 м; 2 – ділянка зміни ширини смуги руху (відгін ширини смуги); 3 – ділянка зниження швидкості; 4 – ділянка прискорення, 5 – фазова ділянка

ПШС покращують режим руху на основних смугах, на яких буде можливим рух усіх автомобілів з однією швидкістю. При відсутності ПШС автомобілі, які повертають або в'їжджають в основний потік, порушують рівномірний рух основних транспортних потоків (наявність ПШС удвічі зменшує ступінь впливу автомобілів, що повертають, на автомобілі основного потоку).

При русі по дорозі слід забезпечити достатню видимість початку смуги гальмування, для більш рельєфного виділення якого влаштовується уступ на початку відгону ширини 0,5 м.

При виїзді на перехрестя повинна бути забезпечена видимість кінця смуги розгону. Тому смугу розгону не слід розташовувати на переломах поздовжнього профілю, якщо її довжина перевищує відстань видимості поверхні в поздовжньому профілі.

При завершенні з'їзду із смуги гальмування (в кінці відгону ширини) необхідно забезпечити видимість початкової ділянки з'їзду (хоча б у межах довжини перехідної кривої), щоб водій зміг оцінити кривизну з'їзду і правильно вибрати режим гальмування.

Необхідність влаштування перехідно-швидкісних смуг на транспортних розв'язках слід визначати відповідно до таблиці 9.1 [9]. Допускається влаштування транспортних розв'язок без перехідно-швидкісних смуг при примиканні або пересіченні доріг III категорії з дорогами V категорії.

На розв'язках, де на головній дорозі відсутні перехідно-швидкісні смуги для повороту ліворуч, необхідно передбачати за рахунок узбіччя головної дороги смуги для об'їзду транспорту, що зупинився для повороту ліворуч, довжиною, рівною довжині аналогічної перехідно-швидкісної смуги (згідно з 9.2.4 [9] по обидва боки від примикання другорядної дороги на протилежній від примикання стороні дороги. Ширина такої смуги призначається 3,25 м (рис. 2.19).

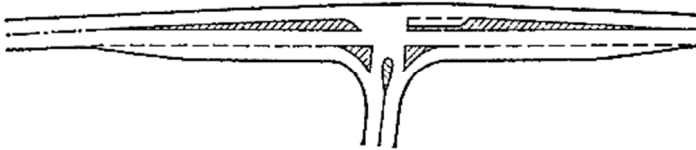


Рис. 2.19. Поширення на головній дорозі для об'їзду транспорту, що зупинився для повороту ліворуч

У разі наявності за примиканням зупинки маршрутного транспорту довжина смуги розгону відмірюється від кінця зупинкового майданчика.

Довжину перехідно-швидкісних смуг залежно від поздовжнього похилу доріг необхідно призначати згідно з ДБН В.2.3-4 [9], а в горбистій та гірській місцевостях – за розрахунками.

У разі послідовного розміщення декількох об'єктів сервісу на відстані між ними, що не перевищує довжини ПШС, а також, у разі можливості, при реконструкції автодоріг I-б – III категорій у місцях декількох послідовних примикань вулиць, місцевих доріг та з'їздів (в'їздів) необхідно ПШС об'єднувати в загальні смуги та відділяти їх від основних смуг руху острівцями безпеки шириною не менше ніж 1,75 м з влаштуванням на них дорожнього огородження I групи. При ширині острівця безпеки понад 4 м огородження на острівцях безпеки можна не влаштовувати [9, п. 9.2.4.12].

Ширину перехідно-швидкісних смуг призначають такою ж, як і основних смуг проїзної частини для проектованої категорії дороги. При встановленні бортового каменю по крайці перехідно-швидкісної смуги останню необхідно розширювати на подвоєне значення його підвищення над проїзною частиною дороги.

Сполучення перехідно-швидкісних смуг з узбіччям здійснюється за рахунок укріпленої смуги завширшки 0,75 м на дорогах I-а, I-б та II категорій і 0,5 м на дорогах III категорії.

Смуга накопичення повинна мати можливість розміщення на ній щонайменше 2-х розрахункових транспортних засобів (наприклад, для автопоїзда середнього (АПС) довжиною 22 м смуга накопичення має бути довжиною $22 \times 2 + 5 = 49$ м).

Перехрещення або примикання доріг у межах віражу, розташованого на головній дорозі, можна влаштовувати у виняткових випадках при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Довжина смуги гальмування складається з довжини клину відгону S_k , який забезпечує маневр зміни смуги руху на розрахунковій для основної дороги швидкості та довжини смуги гальмування $S_{гш}$, на якій знижується швидкість руху автомобіля від розрахункової на основній дорозі до розрахункової на повороті:

$$S_{\kappa} = S_k + S_{гш}, \text{ м.} \quad (2.6)$$

Необхідна довжина клину відгону, м:

$$S_k = \sqrt{R_0(b - 0,5)}, \text{ м,} \quad (2.7)$$

де R_0 – мінімальний радіус горизонтальної кривої без влаштування віражу на основній дорозі, м; (згідно категорії дороги);

b – ширина перехідно-швидкісної смуги, м;

0,5 – ширина уступу, з якого починається клин відгону.

Необхідна довжина гальмівного шлюзу, м:

$$S_{гш} = \frac{v_0^2 - v_3^2}{254(\varphi + f \pm i)} \quad \text{або} \quad S_{гш} = \frac{v_0^2 - v_3^2}{254 a_c}, \text{ м,} \quad (2.8)$$

де v_0, v_3 – розрахункові швидкості руху відповідно на основній дорозі і на повороті, км/год;

a – комфортне (без значного гальмівного зусилля) уповільнення автомобіля. Зазвичай $a = 0,8 - 1,2$ м/с²;

φ – коефіцієнт зчеплення колеса автомобіля з дорогою;

f – коефіцієнт опору коченню;

i – позовжний похил дороги.

При більшій інтенсивності руху, ніж пропускна здатність прилеглої дороги, у кінці ділянки гальмування може виникнути черга з автомобілів, які з'їжджають з неї. Таке становище має бути усунене підвищенням пропускної здатності з'їзду.

Перехідно-швидкісна смуга при виїзді на перехрестя (смуги розгону) складається з трьох ділянок різного призначення:

$$S_p = S_{ши} + S_{\phi} + S_{\epsilon}, \text{ м.} \quad (2.9)$$

На ділянці швидкісного шляху $S_{\text{шш}}$ автомобіль розганяється від швидкості на повороті до розрахункової швидкості на основній дорозі. Мінімальна довжина швидкісного шляху, м:

$$S_{\text{шш}} = \frac{V_0^2 - V_c^2}{254 \cdot a_c}, \text{ м}, \quad (2.10)$$

де a – середнє прискорення при розгоні, 1,75–2,5 м/с².

На «фазовій» ділянці S_ϕ автомобіль, який набрав розрахункову швидкість, чекає, поки з'явиться достатній інтервал у потоці автомобілів на основній дорозі, щоб влитися в цей потік. По всій довжині «фазової» ділянки мусить розміститися черга автомобілів, які чекають (рухаючись) на можливість виїзду на основну дорогу.

n – середня кількість автомобілів у черзі:

$$\bar{n} = \psi \frac{1 + n_0 \frac{\psi_0}{1 - \psi_0 - \psi}}{1 - \psi_0 - \psi}, \text{ од}, \quad (2.11)$$

де $\psi = \frac{N_3}{A_0 - N_0}$, $\bar{n}_0 = \frac{\psi_0}{1 - \psi_0}$, $\psi_0 = \frac{N_0}{A_0}$.

Мінімальна довжина «фазової» ділянки, м:

$$S_\phi = \bar{v}_0 \frac{\bar{n}}{A_0}, \text{ м}, \quad (2.12)$$

де \bar{v}_0 – середня швидкість руху на дорозі, на яку виїжджають автомобілі;

N_3 – інтенсивність руху на другорядній дорозі, авт./год;

A_0 – пропускна здатність крайньої смуги руху на основній дорозі, на яку виїжджають автомобілі з другорядної дороги; авт./год;

N_0 – інтенсивність руху на крайній смузі основної дороги (перехідно-швидкісній смузі), на яку виїжджають автомобілі з другорядної дороги.

Довжина клину відгону S_κ при виході із ПШС визначається за тією самою формулою, що і на вході на з'їзд з основної дороги, тільки без врахування «сходинки» і має аналогічне значення.

Отримані значення елементів перехідно-швидкісних смуг потрібно порівняти зі значеннями, рекомендованими ДБН [9], після

чого остаточно вирішувати питання щодо проектної довжини вказаних смуг.

Необхідності в ПШС немає, якщо розрахункові швидкості на виїздах з другорядних доріг та на основних смугах однакові (наприклад, на розв'язках у вигляді кола, де всі автомобілі мають знижувати швидкість руху в однаковій мірі).

Смуги гальмування відокремлюють від основної смуги дорожньою розміткою або розділювальною смугою.

Довжина перехідно-швидкісних смуг для перетинів в одному рівні (у зону зупинок маршрутного транспорту, постів ДПС тощо) призначається, виходячи з категорії дороги і значень поздовжніх ухилів без врахування інтенсивності руху повертаючих потоків автомобілів і розрахункової швидкості на з'їздах.

2.3.3. Організація рельєфу на транспортних розв'язках

На транспортних розв'язках в одному рівні повинен бути передбачений відвід поверхневих та стічних вод. З цією метою виконують вертикальне планування в межах перетинання, в необхідних випадках влаштовують водопропускні труби, а іноді і дренажі (при високому рівні ґрунтових вод).

Вода стікає з проїзних частин в кювети, кювет-резерви або на природну поверхню землі. Неробочі зони в межах розв'язки засипають ґрунтом або відводять з них воду через водопропускні споруди у вигляді круглих труб. Напрямок стоку води залежить від рельєфу місцевості та поздовжніх ухилів резервів і кювет-резервів. Для відводу води з проїзної частини та узбіч доріг та з'їздів їм надають поперечні ухили в одну або дві сторони, залежно від конфігурації перетинання. Для наочного уявлення про напрямки поперечних та поздовжніх ухилів доріг на проїзній частині та узбіччях показують проектні горизонталі.

Проектні відмітки переносяться на план з поздовжнього профілю.

Відстань між сусідніми горизонталями в межах однакового поздовжнього ухилу дорівнює:

$$a = h / i_{\text{позд}} , \quad (2.13)$$

де h – крок між сусідніми горизонталями (приймаємо 0,10 м).

Величину відхилення горизонталі l_f від перпендикуляра до поздовжньої сторони визначають за формулою

$$l_1 = B \frac{i_{\text{non}}}{i_{\text{позд}}} , \quad (2.14)$$

де B – ширина смуги руху;

$i_{\text{позд}}, i_{\text{non}}$ – поздовжній та поперечний ухили.

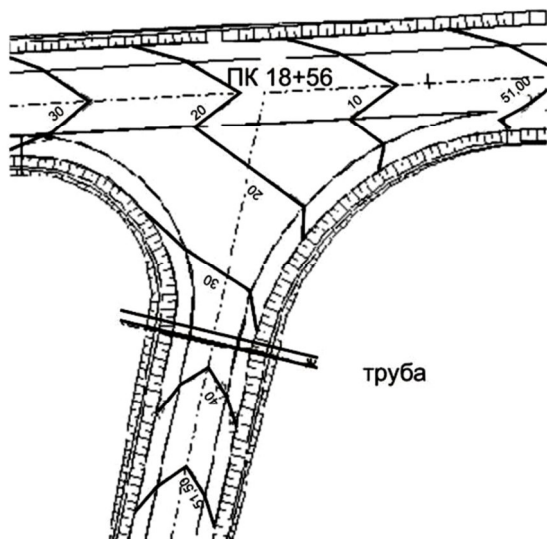


Рис. 2.20. Приклад організації рельєфу на розв'язці в одному рівні

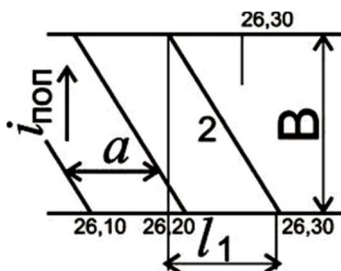


Рис. 2.21. Схема до виконання вертикального планування

Відстань від горизонталі в лотку бортового каменю до місця її виходу l_2 :

$$l_2 = \frac{h_6}{i_{\text{позд}}} , \quad (2.15)$$

де h_6 – висота бортового каменю.

Питання для самоконтролю

1. *Які складові утворюють транспортну розв'язку в одному рівні?*
2. *Які основні вимоги щодо проектування розв'язок?*
3. *Для чого призначені острівці безпеки? Яким вимогам вони повинні задовольняти?*
4. *Для чого призначені перехідно-швидкісні смуги? Яким вимогам вони повинні задовольняти?*
5. *Як відбувається водовідвід з території перетинань та примикань в одному рівні?*
6. *Які поперечні ухили проїзної частини слід призначати на розв'язці?*

2.4. Окремі випадки планувальних рішень розв'язок в одному рівні

2.4.1. Проектування кільцевих розв'язок

Під кільцевою розв'язкою розуміють перетинання або примикання кількох доріг або вулиць, де транспортний потік рухається проти стрілки годинника навколо центрального острівця. Кільцева розв'язка може об'єднувати три або більше доріг чи вулиць; залежно від місцевих умов і кількості вхідних доріг центральний острівець може мати форму трикутника, квадрата (чотирикутника), правильного кола, еліпса, краплі тощо.

На рис. 2.22 наведено приклад чотирьох сторонньої кільцевої розв'язки з трикутними острівцями безпеки та відокремленими зустрічними потоками транспорту.

Кільцеві розв'язки рекомендується влаштовувати на дорогах II-IV категорій, якщо інтенсивність руху на дорогах, що перехрещуються, однакова або відрізняється не більше ніж на 20%, а інтенсивність руху на лівоповоротних напрямках становить не менше ніж 40%.



Рис. 2.22. Приклад влаштування кільцевої розв'язки

При відповідному обґрунтуванні допускається влаштування кільцевих розв'язок на дорогах I-б категорії з врахуванням на перспективу можливості їх перевлаштування на розв'язки в різних рівнях. У такому випадку доцільно застосовувати «розірване кільце».

Переваги кільцевого руху:

Підвищена безпека руху. Досягається зниженням швидкості при наближенні до перехрестя. ДТП через нижчу швидкість мають менш важкі наслідки, але їх кількість дещо більша в порівнянні з простим перетином.

Ймовірність зіткнень на перехресті з круговим рухом у порівнянні із простим (лінійним) перетинанням значно нижча (рис. 2.23).

Пропускна спроможність (у визначених діапазонах) вища, ніж звичного перехрестя з світлофорами, тому що немає фази «червоний для всіх».

Час очікування. Час очікування порівняно з простими перехрестями нижчий, оскільки кругове перехрестя зазвичай не має світлофорів і не потрібно чекати зеленого світла.

Кількість шляхів, що з'єднує перехрестя. В той час коли сигнальна схема світлофорів у перехрестя більш ніж з 4 гілками дуже складна, число можливих гілок кругового перехрестя залежить тільки від його діаметра.

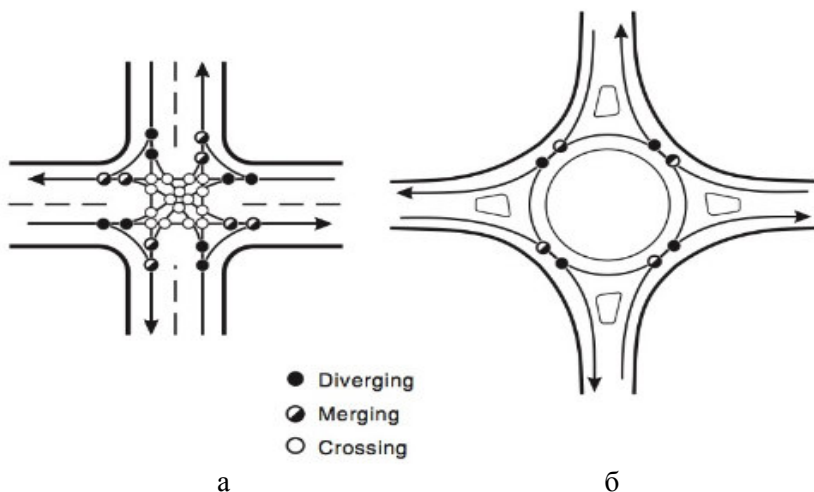


Рис. 2.23. Конфліктні точки на лінійному (а) та кільцевому перехресті (б)

Інші переваги. Додатковими перевагами є кращий екологічний баланс (нижчий рівень шуму, менше вихлопних газів від автомобілів, що очікують) і зменшення витрат на утримання (немає світлофорів). Щоправда, існують кругові перехрестя, обладнані світлофорами, як правило, багаторядні.

Недоліки

Для обладнання кругових перехресть зазвичай необхідно більше площі, ніж для звичайних. Площу островку всередині перехрестя неможливо використовувати для руху транспорту (винятком є «розірване кільце»). Насадження рослин і догляд за ними призводять до додаткових витрат, щоправда, прикрашаючи перехрестя.

Організація потоку пішоходів і велосипедистів ускладнюється, тому що, зазвичай, немає світлофорів. Від цих груп учасників дорожнього руху вимагається особлива увага. Довжина шляху для пішоходів, як правило, збільшується. Цей недолік можна нівелювати, якщо влаштувати підземні пішохідні переходи – тунелі

Великий час очікування в «години пік». При щільному потоку автомобілі не можуть в'їхати на коло (якщо пріоритет мають автомобілі, що рухаються по колу), це призводить до заторів на в'їздах. Але подібні проблеми існують і на звичайних перехрестях.

Збільшення ризику перевертання автотранспорту з високим центром ваги через перевищення швидкісного режиму.

Умови руху та доцільність застосування кільцевих перетинань різних видів

Кільцеві розв'язки класифікуються за розміром центрального острівця та його формою, а також за конструкцією.

За розміром центрального острівця кільцеві розв'язки поділяються на:

- великі – діаметр центрального острівця більший ніж 6 м;
- середні – діаметр центрального острівця від 18 м до 60 м включно;
- малі – діаметр центрального острівця від 4 м до 18 м включно;
- міні-кільцеві – діаметр центрального острівця від 2,5 м до 4 м.

За формою центрального острівця:

- у вигляді кола,
- у вигляді овалу, видовженого в сторону головної дороги не менш ніж на три четврті.

За конструкцією:

- звичайна кільцева розв'язка;
- подвійна кільцева розв'язка;
- турбо-карусель;
- розірване кільце.

Фактичні швидкості руху по кільцевих перетинах залежать від розмірів острівців (табл. 2.5):

Таблиця 2.5

Швидкість руху на кільцевих перетинах

Категорія дороги	Розрахункова швидкість, км/год		
	з умови як з найменших транспортних витрат	з умови забезпечення безпеки руху	мінімальна для особливо обмежених умов
I	56	50	45
II	55	45	40
III	50	38	30
IV	40	30	25

Кругові перетини з малим та середнім діаметром центрального острівця характеризуються переривчастим рухом транспортних потоків, оскільки примикання до кільця розташовані

настільки близько, що маневри переплетення автомобілів, які в'їжджають на перетин і виїжджають з нього, не встигають здійснюватися. Тому діючими правилами встановлено перевагу тим, які вже в'їхали на перетин (рухаються по колу).

Великі кільцеві розв'язки влаштовують на дорогах з високою інтенсивністю руху (понад 5000 авт/добу), якщо лівоповоротні потоки складають не менше ніж 40% основного потоку. Перевагу у русі на них допускається встановлювати світлофорним регулюванням. Кількість смуг руху на таких розв'язках може бути від 2 до 6 (рис. 2.24).



Рис. 2.24. Приклад великої кільцевої розв'язки із світлофорним регулюванням та дозволеним рухом трамваїв через центральний острівцець

Середні та малі кільцеві розв'язки слід влаштовувати на дорогах з інтенсивністю до 5000 авт/добу; понад 5000 авт/добу у випадку обмеженого простору і відповідного обґрунтування та у населених пунктах



а



б

Рис. 2.25. Приклад середньої (а) та малої (б) кільцевих розв'язок

Середні та малі кільцеві розв'язки (рис. 2.25) є саморегульованими, світлофорне регулювання на них не

застосовується. Єдине правило організації руху на них – кільце головне. Міні-кільцеві розв'язки (міні-каруселі) (рис. 2.26) займають меншу площу, зменшують швидкість руху на в'їзді, мають перевагу руху на кільці. Вони можуть застосовуватися тільки там, де швидкість обмежена до 50 км/год. Передбачати такі розв'язки доцільно в населених пунктах та приміських умовах на перехрещеннях з невисокою сумарною інтенсивністю руху (до 2000 авт/добу), де проектні рішення повинні вирішуватися залежно від наявного землевідведення та необхідності примусового уповільнення швидкості руху.

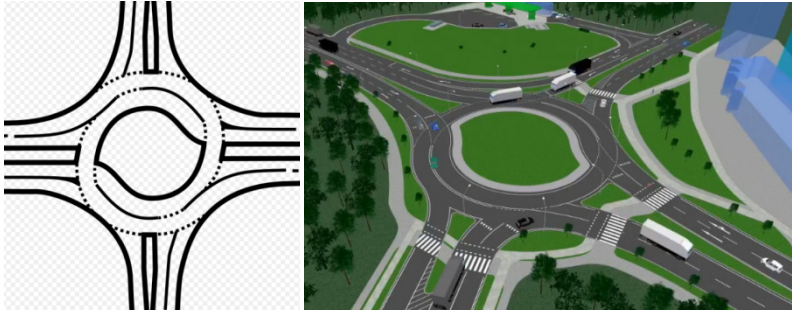


Рис. 2.26. Міні-кільцева розв'язка

Міні-кільцеві розв'язки є саморегулюванні (без світлофорного регулювання). Але їх слід застосовувати при забезпеченні видимості кільця у напрямку руху. З метою полегшення розвороту великогабаритного транспорту вся або майже вся поверхня центрального острівця повинна бути доступною для руху і мати тверде покриття – асфальтобетонне, цементобетонне, бруківку або інший матеріал, який може витримувати навантаження від розрахункового транспорту.

Турбо-карусель (рис. 2.27) – вид кільцевої розв'язки зі спіральними смугами руху.

Такий вид кільцевої розв'язки рекомендується застосовувати для зменшення ризику конфлікту, підвищення безпеки руху та збільшення швидкості проходження розв'язки.



Ри. 2.27. Турбо-карусель

Турбо-карусель може бути застосована у випадках, коли лівоповоротний потік по основній дорозі складає понад 50% інтенсивності руху.

Розірване кільце (рис. 2.28, а), доцільно застосовувати у разі, якщо на головній дорозі необхідно передбачити пріоритетність руху або інтенсивність руху на ній більша на 20%, ніж на кожній з другорядних доріг на підходах до розв'язки.

Подвійна кільцева розв'язка (рис. 2.28, б) застосовується у випадку, якщо влаштування звичайної кільцевої розв'язки потребує великої перебудови і треба з'єднати дві паралельні дороги, або в інших обґрунтованих випадках.

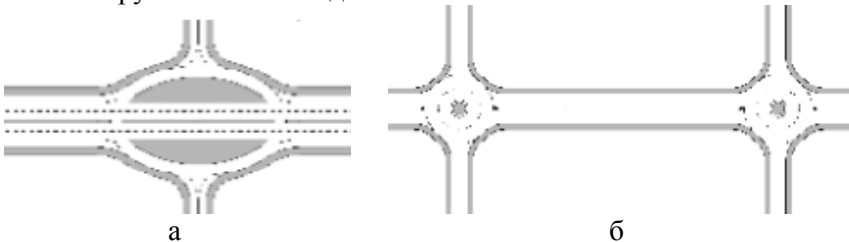


Рис. 2.28. Розірване кільце (а) подвійна кільцева розв'язка (б)

За відповідного обґрунтування можуть застосовуватися інші типи кільцевих розв'язок.

Елементи та параметри кільцевої розв'язки

Не дивлячись на різноманітність видів кільцевих розв'язок, усі вони мають у своїй основі однакові за формою та призначенням елементи. На рис. 2.29 наведена принципова схема кільцевої розв'язки, що утворена на чотирьох сторонньому перетинанні.

Саме радіуси (вхідний, вихідний, центрального острівця) визначають швидкість руху транспортних засобів на розв'язці, а також впливають на довжину смуги переплетення потоків.

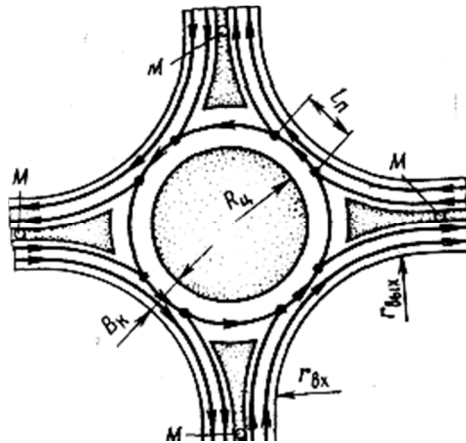


Рис. 2.29. Принципова схема кільцевої розв'язки:

$R_{\text{ц}}$ – радіус центрального острівця; $r_{\text{вх.}}$ – радіус вхідної кривої;
 $r_{\text{вих.}}$ – радіус вихідної кривої; $B_{\text{к}}$ – ширина проїзної частини, l – ділянка перестроювання (переплетення потоків), m

Основні елементи кільцевої розв'язки зображено на рис. 2.30.

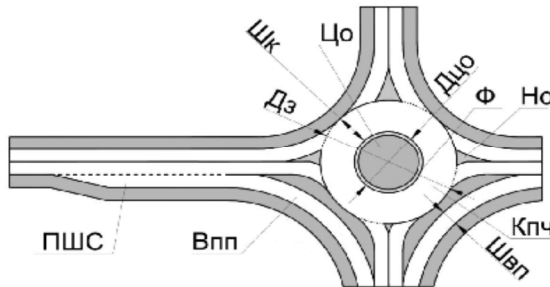


Рис. 2.30. Основні елементи та параметри кільцевої розв'язки:

Впп – відокремлений правий поворот; Дз – зовнішній діаметр кільцевої розв'язки; Дцо – діаметр центрального острівця; Кпч – колова проїзна частина; Но – напрямний острівця; ПШС – перехідно-швидкісна смуга (додаткова смуга для правого повороту); Швп – ширина відокремленого правого повороту; Шк – ширина колової проїзної частини; Ф – фартух вантажівки; Цо – центральний острівця

Рекомендована ширина колової проїзної частини кільцевих розв'язок наведена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Рекомендована ширина колової проїзної частини на кільцевих розв'язках залежно від діаметру центрального острівця

Діаметр центрального острівця, м	Ширина колової проїзної частини, м	Зовнішній діаметр кільцевої розв'язки, м
4	12	28
6	11,4	18,8
8	10,9	29,8
10	10,4	30,8
12	10	32
14	9,6	33,2
16	9,3	34,6
18	9	36
Понад 18	9 (для кільця з двома смугами руху)	

Згідно з [9] довжина зони переплетення (перерозподілу) потоків на кільцевих проїздах розв'язки між двома суміжними примиканнями доріг повинна бути не менше значень, наведених у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Довжина зони перерозподілу автомобільних потоків на кільцевих розв'язках

Довжина зони перерозподілу, м	Пропускна спроможність зони перерозподілу потоків, привед. авт/г, при швидкості, км/г.		
	40	50	60
30	700	550	400
60	1000	800	650
90	1200	950	800
120	1400	1150	950
150	1600	1350	1100

Розрахунок елементів кільцевих розв'язок

Мінімальна довжина ділянки перестроювання (зона перерозподілу автомобільних потоків):

$$A = L_b + 2(l + q_a), \quad (2.15)$$

де L_b – інтервал безпеки (дистанція) між автомобілями, м;

l – середня габаритна довжина автомобіля, м;

q_a – довжина ділянки зміни напрямку руху.

Інтервал (дистанція) безпеки:

$$L_b = t_l \times V_p + C \times V_p^2, \quad (2.16)$$

де $t_l = 0,5$ с – ситуативний час реакції водія;

V_p – розрахункова швидкість руху, м/с;

C – коефіцієнт гальмування, приймається від 0,08 до 0,125, в середньому $C = 0,1$.

Довжину смуги переплетення також можна визначити із середнього значення можливого поперечного переміщення легкового автомобіля, яке становить в середньому 1,0–1,5 м/с. Враховуючи, що ширина автомобіля з дотриманням необхідних бічних інтервалів дорівнює 2,5–3,5 м, зміна смуги руху може здійснюватися за 2,5–3,5 с. При швидкості руху 30–35 км/год (8–10 м/с), довжина смуги переплетення складає 25–35 м.

Розміри центрального острівця залежать від кількості доріг, що входять, довжини ділянки для переплетення потоків, проте визначальним є площа, виділена для влаштування розв'язки.

Мінімальний діаметр кільцевого (центрального) острівця:

$$D = \frac{\sum_{i=3}^n (A + P)}{\pi} = \frac{A + P}{\pi} n, \quad (2.17)$$

де P – відстань між точками виходу автомобілів з кільцевого руху і входами у нього, м,

A – довжина ділянки переплетення (перерозподілу потоків).

Зрозуміло, що
$$\sum_{i=3}^n A + P = (A + P) \cdot n \quad (2.18)$$

– довжина кола, м.

Для перехрестя, утвореного двома дорогами, при довжині ділянки переплетення $A = 40$ м і відстанню між точками виходу автомобілів з кільця $P = 10$ м мінімальний діаметр центрального кола $D_{\min} \approx 60$ м.

Відповідно, кільцеве перехрестя, утворене п'ятьма дорогами, повинне мати мінімальний діаметр кільця $D_{\min.} \approx 80$ м.

Проектування розв'язок з кільцевим рухом

Розробка планувальних рішень кільцевих розв'язок полягає у визначенні форми та розмірів центрального острівця, кількості та ширини смуг руху; довжині смуг переплетення; радіусів та конфігурації вхідних та вихідних кривих руху транспортних засобів; визначенні комплексу необхідної інформації (дорожніх знаків, розмітки тощо).

При організації руху з пріоритетом руху по колу розмір острівця і планування перетину повинні зобов'язувати водіїв проїжджати перетин по викривленій траєкторії. Радіус кривизни траєкторії при прямому (транзитному) русі повинен бути не більш 100 м.

Під'їзні дороги до центрального кільця повинні проектуватися під кутом як найближчим до прямого з метою унеможливлення хибного вибору водієм переваги у русі.

Під'їзди до кільцевої розв'язки необхідно розташовувати рівномірно.

На рисунку 2.31 зображено неправильне розташування під'їздів до розв'язки (перший варіант) і правильне (другий та скорегований третій варіант)

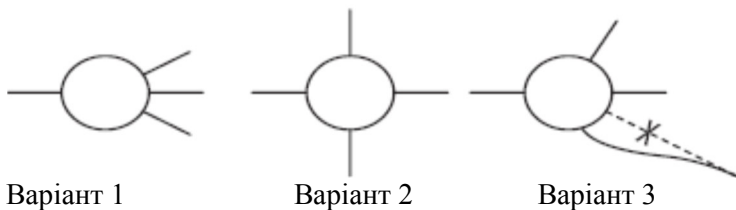


Рис. 2.31. Приклад схем розташування під'їздів до кільцевої розв'язки

Відповідно до сучасних тенденцій проектування та будівництва автомобільних доріг, з метою уповільнення руху транспортних потоків і відповідному зменшенні кількості та важкості ДТП, перевагу слід надавати проектуванню кільцевих розв'язок з меншим діаметром центрального кільця (від 10 м до 12 м). Звичайно, такий підхід можна реалізувати лише на дорогах з малоінтенсивним рухом, на вході до населених пунктів та у самих населених пунктах тощо. На дорогах з інтенсивним рухом головним потокам слід надавати кращі можливості щодо швидкості

руху влаштуванням центрального острівця, видовженого вздовж головної дороги.

Якщо в складі руху є автопоїзди або вантажівки з напівпричепами, зовнішній діаметр кільця (по зовнішній крайці проїзної частини) повинен бути не менше ніж 28 м. Для полегшення розвороту великогабаритного транспорту навколо центрального острівця невеликого діаметру зовнішній край острівця повинен мати укріплену смугу шириною не менше ніж 1 м «фартух вантажівки», яка виділена кольором або виконана відмінним від колової проїзної частини матеріалом, що має аналогічну міцність та відрізняється від неї кольором (рис. 2.32).

При проектуванні кільцевих розв'язок з двома смугами руху на підходах слід уникати можливості для транспортних засобів, що рухаються по правій смузі, проїхати прямо без зменшення швидкості руху. Для цього, у разі, якщо діаметр центрального острівця менший ширини земляного полотна, необхідно проектувати кільце із зміщенням (рис. 2.32).



Рис. 2.32. Приклад проектування кільця зі зміщенням центрального острівця

Осі дороги слід зміщувати відносно центру кільця з таким розрахунком, щоб пряма лінія, яка сполучає зовнішню крайку крайньої правої смуги, якою дозволяється рух прямо, на підході до розв'язки та на виході з неї у прямому напрямку була на рівні крайки центрального острівця. Така розв'язка змушує водіїв повільно в'їжджати на кільце і дає можливість швидко виїжджати, звільнивши розв'язку.

На виході кільцева розв'язка повинна мати не меншу кількість смуг руху ніж навколо центрального острівця. Для цього доцільно передбачати праворуч на виході з розв'язки додаткову смугу довжиною не меншою ніж смуга розгону для допустимої

швидкості (щоб зменшити перешкоди на виході, які викликані повільним прискоренням вантажівок).

Для забезпечення більшої пропускну здатності кільцевої розв'язки доцільно передбачати додаткові смуги для правого повороту. Такі смуги можуть бути відокремлені від колової проїзної частини острівцем безпеки або розміткою (рис. 2.32). За можливості на кільцевих розв'язках доцільно передбачати правий поворот відокремлений острівцем безпеки, який дозволяє водіям виконати маневр без надання переваги у русі транспортним засобам, що знаходяться на кільці. Його доцільно проектувати якщо: рух на кільці перевантажений; правоповоротний рух у години «пік» становить близько половини інтенсивності руху на вході або більше ніж 300 авт/добу.

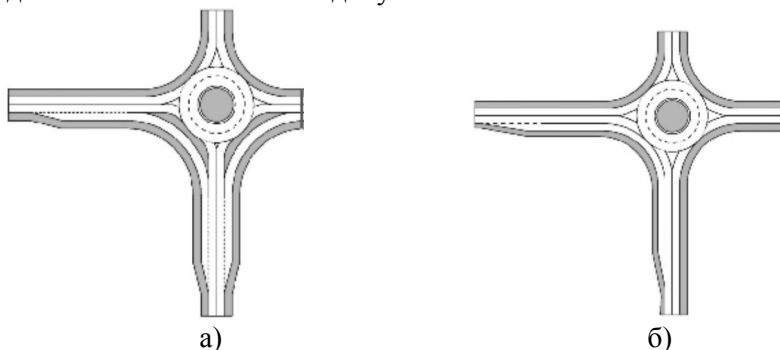


Рис. 2.33. Кільцеві розв'язки з відокремленим віднесеним правим поворотом. Смуга для правого повороту відокремлена а – острівцем безпеки, б – розміткою

При перетинаннях або приляганнях двох доріг різних категорій, у разі переважання на дорозі вищої категорії транзитного руху, доцільно влаштовувати центральний острівець овальної форми, витягнутий уздовж напрямку головної дороги.

На рис.2.34 наведена схема кільцевого руху на Т-подібному примиканні. Центральний острівець на головній дорозі має еліптичну форму (видовжений вздовж головної дороги), в цьому випадку головну дорогу іноді потрібно поширювати. Радіус острівця приймають зазвичай 12–15 м.

Тоді

$$S_0 = a + 2(A + r), \text{ м.} \quad (2.19)$$

При $a = 22$ м (з врахуванням ширини проїзної частини 7 м), радіусів заокруглення крайки перехрестя $r = 15$ м і $A = 40$ м, ділянка видовження має дорівнювати

$$S_0 = 22 + 2(40 + 15) = 132 \text{ м.} \quad (2.20)$$

Прорізання центрального острівця для безперешкодного прямого пропуску транзитного руху або прокладання трамвайних колій допустимо тільки при введенні світлофорного регулювання.

На центральних острівцях міні-кільцевих розв'язки не можна розміщувати жодні перешкоди (знаки, світильники, маячки тощо).

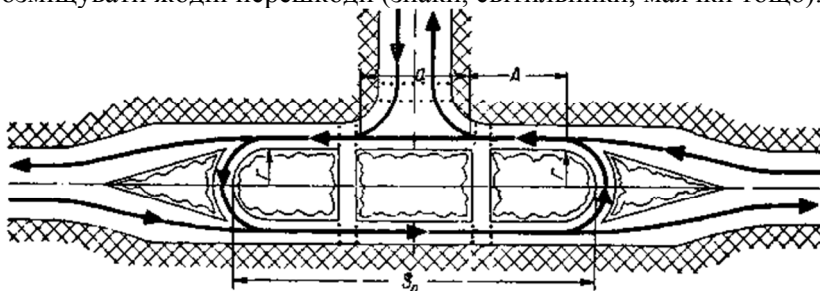


Рис. 2 34. Схема кільцевого руху на ділянці прилягання

Острівці мають бути підняті по крайці на висоту від 5 мм до 10 мм над рівнем проїзної частини. Острівець слід влаштовувати куполоподібної форми з підвищенням центральної частини (вершини купола) відносно крайки оточуючого кільця на 150 мм. Покриття поверхні центрального острівця міні-кільцевої розв'язки повинно бути світлішим ніж покриття колової проїзної частини та мати світлоповертаючі властивості.

Зовнішній діаметр міні-кільцевої розв'язки не повинен перевищувати 28 м.

У середині центрального острівця малих кільцевих розв'язок слід уникати розміщення жорстких перешкод (кам'яних чи бетонних скульптур, ліхтарних стовпів, огорож, дерев тощо), особливо в населених пунктах.

Дозволяється розміщувати чагарник висотою до 1,2 м (до 15% площі), крихкі скульптури світлого кольору. Поперечний похил острівця повинен бути близько 15%.

На великих та середніх кільцевих розв'язках потрібно уникати зворотного віражу, якщо є можливість забезпечити водовідведення. На малих та міні-кільцевих розв'язках віраж не влаштовують. Для забезпечення водовідведення влаштовується

односхилий поперечний похил від кільця такою величиною, як на підходах до розв'язки.

Необхідно врахувати, що конструкція розв'язки з відокремленим правим поворотом робить його більш небезпечним для пішоходів, яким прийдеться перетинати більшу кількість смуг руху та вжити необхідних заходів для безпеки пішоходів (влаштування островців безпеки). Ширину відокремлених (віднесених) правоповоротних смуг доцільно приймати аналогічною ширині смуг руху на підході до розв'язки

Доцільно влаштовувати перехідно-швидкісні смуги на підході до та на розв'язки виході з неї. На підході вони забезпечують можливість безперешкодного здійснення правого повороту, а на виході – швидкого покидання розв'язки.

2.4.2. Проектування лівого віднесеного повороту

Доцільність влаштування ЛВП

В окремих випадках замість звичайного перетинання допускається проектувати два окремих прилягання другорядних доріг, віднесених один від одного на певну відстань (ліві віднесені повороти).

Таку схему застосовують, коли необхідно забезпечити надійний рух по головній дорозі при недостатній оглядовості (зокрема, перехрестя розташоване на вершині вертикальної кривої) або незначній інтенсивності по другорядній дорозі і необхідності забезпечити достатньо велику швидкість по головній дорозі.

Звичайний чотиристоронній перетин двосмугових доріг має 32 конфліктні точки. Збільшення кількості смуг руху значно збільшує кількість конфліктних точок; зростає їх потенційна небезпека внаслідок збільшення інтенсивності конфліктуючих потоків. На Т-подібному перетині конфліктних точок всього 9. Дослідження показують, що ризик ДТП на Х-подібному перехресті вдвічі вищий, ніж на Т-подібному (особливо при високих інтенсивностях руху). Тому, в разі перевлаштування чотирьох стороннього перетину на два тристоронніх, потенційна небезпека ділянки буде значно менша.

Перевлаштування чотирьох стороннього перетину на два тристоронніх може бути виконано двома способами (рис. 2.35): або ліворуч-праворуч, або розділенням праворуч-ліворуч.

Аналіз експлуатації таких перетинів в ряді країн світу показує, що сприятливіший 1 спосіб – «ліворуч-праворуч» з точки зору забезпечення більш високої швидкості по головній дорозі, оскільки водії з другорядної дороги приймають менший прийнятний інтервал для повороту праворуч, примушують таким чином зменшувати швидкість руху автомобілями, що рухаються по головній дорозі.

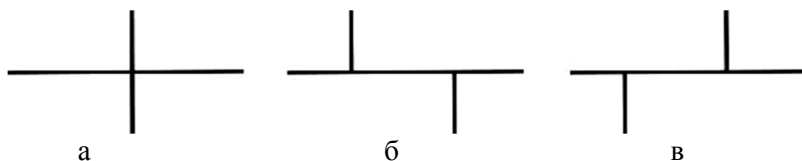


Рис. 2.35. Види перевлаштування Х-подібного перетину на два Т-подібні: а – існуючий перетин, б – перевлаштування «ліворуч-праворуч», в – перевлаштування «праворуч-ліворуч»

Види перехресть з лівим віднесенням поворотом:

- з безперервним рухом по другорядній дорозі (рис. 2.36, а);
- з зупинкою перед головною дорогою (рис. 2.36, б).

Влаштування перехресть, наведених на рисунку 2.36, а, передбачає виїзд з другорядної дороги з використанням смуги розгону, перевлаштування з неї на крайню ліву смугу даного напрямку руху, з якої буде виконуватися розворот (смугу для гальмування), і наступним зниженням швидкості на ній.

Недоліком перехресть, влаштованих за такий спосіб, є необхідність застосування двох перехідно-швидкісних смуг як перед розворотом, так і після нього, а також виділення ділянки маневрування, адже водії мусять на короткій ділянці перевлаштуватися з крайньої правої на крайню ліву, а потім виконати зворотній процес. Відігнаний лівий поворот необхідно розташовувати від дороги, яка прилягає, на відстані не менше 400м. Довжина смуги гальмування має відповідати вимогам ДБН для даної категорії дороги, ширина – 3,25м. У кінці смуги гальмування передбачається смуга накопичення довжиною, достатньою для розміщення на ній щонайменше 2-х розрахункових транспортних засобів (наприклад, для автопоїзда середнього (АПС довжиною 22 м смуга накопичення повинна мати довжину $22 \times 2 + 5 = 49$ м).

Смугу гальмування влаштовують, як правило, за рахунок розділювальної смуги.

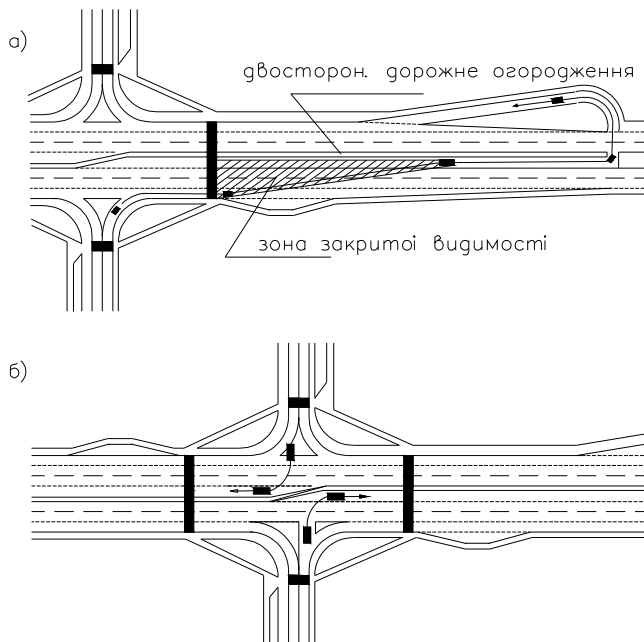


Рис. 2.36. Схеми влаштування перетину з відігнаним лівим поворотом:
а – з ПШС для правого повороту; б – без ПШС для правого повороту

При дотриманні всіх належних до перехідно-швидкісних смуг вимог, перепробіг сягає 400 м і більше. Крім цього, при виконанні перевлаштування водії з другорядної дороги мають обмежену оглядовість позаду транспортного засобу, що особливо характерно для вантажних автомобілів та автобусів.

Влаштування перехресть, наведених на рис. 2.36, б, передбачає, що водії з другорядної дороги зупиняються перед перетином, надаючи перевагу транспортним засобам, які рухаються по головній дорозі, а потім відразу займають смугу, з якої буде виконуватися розворот. В такому випадку перепробіг значно менший, небезпека зіткнень дещо менша, проте значно збільшуються втрати часу водіями другорядної дороги. Такий варіант більш прийнятний для доріг з малою інтенсивністю руху (IV та V категорій).

Біля ЛВП транспортний засіб зупиняється, коли проїзна частина головної дороги не вільна, або продовжує свій рух, якщо

часовий інтервал між транспортними засобами, що рухаються по головній дорозі, задовольняє умові:

$$(t, t+h) \geq t_{\delta}, \quad (2.21)$$

де t_{ϕ} – фіксований часовий інтервал, що дозволяє перетинати проїзну частину головної дороги на ЛВП,

$$t_{\phi} = 9-11 \text{ с};$$

$(t, t+h)$ – довільний часовий інтервал між транспортними засобами, що рухаються головною дорогою, с.

Умова (2.23) відображає те, що часовий інтервал $(t, t+h)$ між транспортними засобами, які рухаються головною дорогою в місці здійснення ЛВП, завжди повинен бути більшим або дорівнювати фіксованому інтервалу t_{ϕ} . Виконання цієї умови дозволяє безпечно перетнути проїзну частину головної дороги в місці здійснення лівого віднесеного повороту.

Значення фіксованого часового інтервалу становить:

$$t_{\delta} = t + 3G, \text{ с}, \quad (2.22)$$

де t – середнє значення в секундах проїзду транспортними засобами поперечного перерізу головної дороги в місці влаштування віднесеного лівого повороту;

G – середнє квадратичне відхилення часового інтервалу від середнього його значення в поперечному перерізі головної дороги в місці влаштування віднесеного лівого повороту.

Організація руху при виконанні умов $(t, t+h) \geq t_{\delta}$, $t_{\delta} = t + 3G$, с є найбільш ефективною, тому що мінімально впливає на зміну режимів руху транспортних засобів головної дороги. При цьому водії, які мають здійснювати відігнаний лівий поворот, завжди знаходяться в сприятливих умовах огляду транспортних засобів з лівого від них боку, що рухаються проїзною частиною головної дороги.

Основні питання, що мають бути вирішені при застосуванні такого способу:

- визначення інтенсивності руху, яка задовольняє умові $(t, t+h) \geq t_{\phi}$; (фактично – визначення пропускної здатності ділянки);
- розрахунок параметрів зони розвороту, який виконується з врахуванням динамічного коридору найдовшого транспортного засобу (рис. 2.37).

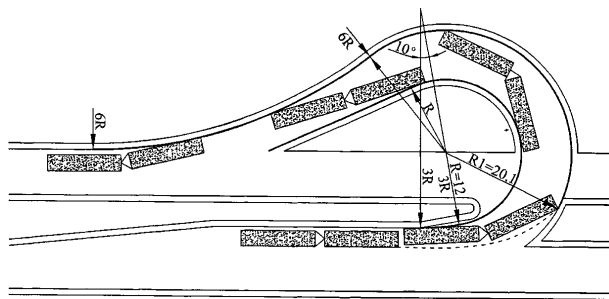


Рис. 2.37. Побудова лівого віднесеного повороту:

R – мінімальний радіус повороту розрахункового транспортного засобу

Розробка планувальних рішень лівого віднесеного повороту

Транспортні розв'язки з ЛВП застосовуються лише на дорогах I-б категорії [11]. Якщо транспорт, який повертає, має перетнути більше двох смуг зустрічного руху, ЛВП влаштовувати заборонено. ЛВП необхідно розташовувати від дороги, що примикає з боку руху автомобіля на розворот, на відстані не менше ніж 400 м. Радіус розвороту на ЛВП приймається відповідно до розрахункового транспортного засобу [11] (додаток Д).

Ліві віднесені повороти влаштовують на горизонтальних ділянках або ділянках з позовжніми похилами не більше 30%. Вони значно дешевші, ніж розв'язки у двох рівнях і забезпечують достатню безпеку руху за рахунок примусового зменшення швидкості руху на дорогах нижчих категорій.

Для забезпечення безперешкодного злиття транспорту, який здійснив розворот, і основного потоку, ЛВП облаштовують перехідно-швидкісними смугами для розгону автомобіля, при цьому довжина відгону ЛВП враховується в довжині смуги розгону.

Якщо відстань від кінця клину відгону смуги розгону ЛВП до початку клину відгону смуги гальмування на примиканні менша ніж 25 м, то перехідно-швидкісні смуги потрібно об'єднувати в одну суцільну смугу з організацією виїзду на головну дорогу через смугу розгону за примиканням.

У випадку, якщо в межах примикання відсутній наземний пішохідний перехід або надземний перехід влаштований без опори на розділювальній смузі, ЛВП можна розмішувати поряд з примиканням (додаток К).

За необхідності влаштування наземного переходу або встановлення щогли освітлення, розміщення ЛВП визначається, виходячи із умови розміщення відповідної споруди та перехідно-швидкісної смуги для ЛВП.

При виборі радіусу ЛВП слід враховувати параметри розрахункового транспортного засобу. Довжину клину виходу з ЛВП приймають 80 м, ширину узбіччя приймають 2,0 м.

На узбіччі передбачають укріплену смугу шириною 0,5 м.

Питання для самоконтролю

1. *Які особливості має траєкторія руху автомобіля по кривих малого радіусу? Назвіть ділянки, з яких складається дана траєкторія.*
2. *Назвіть основні типи планувальних рішень перетинань автомобільних доріг поза населеними пунктами та в містах.*
3. *За допомогою яких елементів відбувається каналізування руху на перетинаннях та примиканнях автомобільних доріг?*
4. *Назвіть види перехідно-швидкісних смуг за призначенням. З яких ділянок складається їх довжина?*
5. *Назвіть переваги та недоліки застосування кільцевого руху на перетинаннях та примиканнях автомобільних доріг.*
6. *Назвіть випадки доцільного використання перехресть з відігнаним лівим поворотом.*

2.5. Оцінка безпеки транспортних розв'язок

2.5.1. Поняття про конфліктну точку та її небезпеку

Для порівняльної оцінки складності і потенційної небезпеки розв'язок застосовуються різні системи умовних показників (оціночних балів) [4]

Якщо роздивитися чотирьох стороннє перехрестя з усіма дозволеними напрямками руху для однорядних транспортних потоків зустрічного транспорту, можна виявити 32 конфліктні точки (рис. 2.38):

- вісім точок розгалуження потоків,
- вісім точок злиття
- шістнадцять точок перетину потоків.

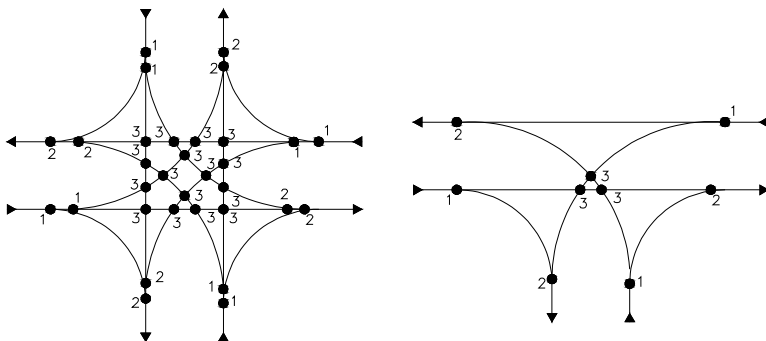


Рис. 2.38. Конфліктні точки на 4-х сторонньому перетинанні та примиканні: 1 – точки відгалуження, 2 – точки злиття, 3 – точки перетину потоків

На примиканні кількість таких точок для кожного виду дорівнює трьом. Точки розгалуження, злиття і перетину потоків називають конфліктними.

Конфліктні точки – місця виникнення ймовірних конфліктів (точки, де автомобілі зменшують швидкість руху – точки розгалуження; або перетинаються траєкторії руху – точки злиття або перехрещення).

Характерною особливістю кожної конфліктної точки є не тільки ймовірність зіткнення транспортних засобів, що рухаються з конфліктуючих напрямків, а й вірогідність їхньої затримки.

Один з методів оцінки потенційної небезпеки передбачає оцінку за показником складності та виходить з того, що розгалуження (відхилення) потоків оцінюють в 1 бал, злиття потоків – в 3 бали, перетин потоків – в 5 балів [5].

Таким чином, за методом конфліктних точок показник складності чотирьох стороннього перехрестя з усіма дозволеними напрямками руху однорядних зустрічних потоків:

$$m = n_p + 3n_z + 5n_n = 8 + 3 \cdot 8 + 5 \cdot 16 = 112 \text{ балів.} \quad (2.24)$$

При цьому транспортний вузол вважається простим, якщо $m < 40$; середньої складності, якщо $m = 40 \dots 80$; складним, якщо $m = 80 \dots 150$; дуже складним, якщо $m > 150$.

Транспортний вузол, що має 32 конфліктні точки, за цією системою є складним.

Проте цей метод не враховує інтенсивності руху транспортних потоків, що перетинаються, та кількості смуг руху.

Розглянемо більш детально потенційну небезпеку конфліктних точок.

Виникнення конфлікту при маневрі відхилення пояснено на рис. 2.38, на якому розглянуто рух чотирьох автомобілів (I...IV) в потоці крайньої правої смуги. Автомобілі I та IV рухаються з характерною для потоку швидкістю, що на рис. 2.39 показано прямими I та IV з постійним нахилом в координатах $S - t$.

Потенційно небезпечна зона і конфліктна точка виникають між траєкторією руху автомобіля II, який виконує маневр правого повороту, і автомобіля III, що рухається позаду нього і має намір продовжувати рух через перехрестя в прямому напрямку.

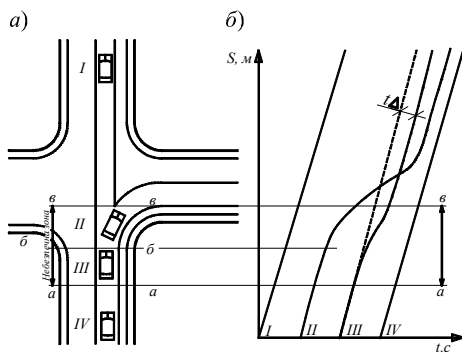


Рис. 2.39. Схема руху при маневрі відхилення: а – схема перехрестя, б – графік зміни швидкості руху у координатах $S - t$

У випадку маневру злиття (рис. 2.40) на відміну від маневру відхилення праворуч, необхідно, щоб у потоці, в який вливається автомобіль, був достатній інтервал між транспортними засобами. При злитті автомобіля II з потоком, що рухається за напрямком стрілки, утворюється зона перешкод і можливого зіткнення (небезпечна зона), яка починається в перетині $a - a$, віддаленому від перетину $б - б$ на відстань, що дорівнює шляху зупинки автомобіля IV, і закінчується в перетині $в - в$, де швидкість автомобіля II зрівнюється із швидкістю потоку.

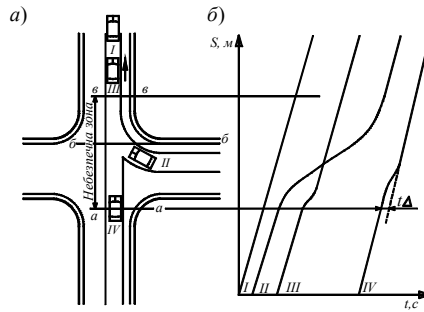


Рис. 2.40. Схема руху при маневрі злиття: а – схема перехрестя, б – графік зміни швидкості руху у координатах $S - t$

Зосередженими конфліктними точками вважаються такі, ділянки, де можливий конфлікт у межах 15м, розосередженими – можливий конфлікт у зоні більше 15 м [3].

Ступінь небезпеки зосередженої конфліктної точки удвічі більша, ніж розосередженої.

Протяжність небезпечної зони залежить від інтенсивності зниження швидкості руху автомобілем II в процесі виконання маневру, швидкості його розгону після повороту, а також від швидкості і гальмівних якостей автомобіля IV.

З порівняння ситуацій, наведених на рис. 2.39 та 2.40, видно, що протяжність небезпечної зони у випадку маневру злиття значно більше, ніж у випадку відхилення (при однакових динамічних якостях автомобілів). Слід також відмітити, що зіткнення можливе не тільки в перетині $\delta - \delta$, а й на всій ділянці $\delta - \epsilon$. Крім того, при щільному транспортному потоці, що рухається в напрямку стрілки, водію автомобіля II необхідно буде не тільки знизити швидкість, а й зупинитися в очікуванні достатнього розриву у потоці. Прийнятним інтервалом в даному випадку буде часовий інтервал в потоці більше 6 секунд.

Отже, взаємодія автомобілів в потоці є складним явищем, і спрощені оцінки відповідних конфліктних точок дають можливість лише приблизно уявити собі складність того чи іншого транспортного вузла.

Потенційна небезпека зіткнень транспортних засобів при маневруванні пропорційна інтенсивності руху потоків, що конфліктують. Для врахування цього можна ввести у визначення показника складності m дані, які характеризують інтенсивність конфліктуючих потоків I та II в кожній конфліктній точці.

Такий показник q_N (індекс інтенсивності транспортних потоків) для окремої конфліктної точки можна розрахувати за формулою:

$$q_N = 0,01(N_i + N_j), \quad (2.25)$$

де N_i, N_j – інтенсивність руху потоків, що взаємодіють у даній конфліктній точці, авт./добу.

Для транспортного вузла в цілому формула показника складності з врахуванням індексу інтенсивності m_{qN} буде виглядати:

$$m_{qN} = 0,01 \sum_n \sum_{\omega n} A(N_i + N_j), \quad (2.26)$$

де ωn – сукупність номерів потоків, які відповідають n-ому типу конфліктної точки: $A_1 = n_p, A_2 = 3n_3, A_3 = 5n_n$.

При визначенні ступеня небезпеки точок перетину слід враховувати кут перетину конфлікуючих траєкторій руху, оскільки збільшення кута підвищує потенційну небезпеку зіткнень.

В таблиці 2.8 наведені коефіцієнти у так званій десятибальній системі оцінки конфліктних точок. Вона дає можливість більш детально аналізувати конфліктні точки на будь-якій ділянці вулично-дорожньої мережі, зокрема, зустрічні зіткнення на одній смузі руху.

Звичайно, що при використанні цієї системи не можна використовувати класифікацію складності приведеної вище п'ятибальної системи.

Для проміжних значень кутів перетинів значення коефіцієнтів небезпеки визначається інтерполяцією.

Показник складності (або небезпеки) перетинів не враховує багатьох експлуатаційних факторів, що залежать від місцевих умов, а саме: профіль дороги, тип і стан покриття, умови видимості, фактичні швидкості руху транспортних засобів.

Таблиця 2.8

Десятибальна система оцінки конфліктних точок

Конфліктні точки	Коефіцієнти небезпеки	Конфліктні точки	Коефіцієнти небезпеки
Відхилення	1	Перетин під кутом: 90° 120° 150° Зустрічний рух	6 7 9 10
Злиття	2		
Перетин під кутом: 30° 60°	3		
	4		

Крім названих трьох найбільш характерних видів маневрів, слід враховувати також маневр переплетення. Такий маневр характерний для перевлаштування по смугах руху, зокрема, на розв'язках з круговим рухом. По суті переплетення – це поєднання двох маневрів: злиття з наступним відхиленням. На основі досліджень можна орієнтовно вважати, що процес переплетення для легкових автомобілів відбувається зі швидкістю бічного переміщення автомобіля близько 1,0–1,5 м/с. Таким чином, перевлаштування автомобіля з смуги в смугу відбувається впродовж 3,0–3,5 с, на підставі чого можна розрахувати довжину зони переплетення залежно від швидкості руху, характерної для даної ділянки дороги.

Заслугує на увагу і практичне використання методу оцінки складності перетину за кількістю ймовірних конфліктів впродовж години.

При такій оцінці підсумовують дані по конфліктних ситуаціях для всіх точок, незалежно від типу (рис. 2.41) загальна кількість потенційно можливих конфліктів підраховується, виходячи з найменшої інтенсивності двох конфліктуючих потоків наступним чином: точка I – 100 конфліктів, точка II – 50 конфліктів, точка III – 50 конфліктів, точка IV – 200 конфліктів, точка VI – 50 конфліктів. Для даного прикладу сумарна кількість ймовірних конфліктів становить 450 за 1 годину.

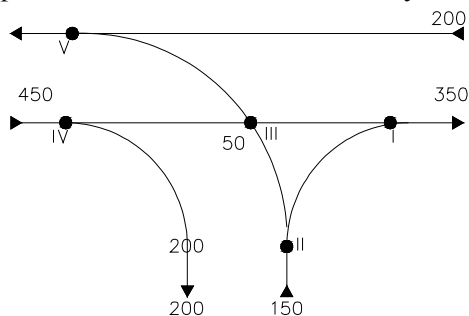


Рис. 2.41. Схема для підрахунку кількості конфліктних ситуацій в годину (цифри означають інтенсивність потоку, у транспортних одиницях, авт./год)

Розвиток наведених методів запропонував проф. Лобанов Е.М. [2]. На основі аналізу статистичних даних про ДТП та їх важкість він розробив методикку визначення вірогідної

кількості ДТП в конфліктних точках при різних кутах між напрямками потоків і різних радіусів поворотів автомобілів, що буде розглянута у подальшому.

2.5.2. Оцінка рівня безпеки розв'язок, що проектуються

Для перехресть, які проектуються, відносно небезпеку оцінюють за кількістю ймовірних ДТП. В основу методу покладено розрахунок вірогідності виникнення конфліктів та їх ймовірна важкість [5].

Кількість вірогідних ДТП в конфліктній точці на 10 млн автомобілів:

$$q = K_i N_i N_j \frac{25}{K_p} 10^{-7}, \quad (2.27)$$

де K_i – відносна аварійність в даній конфліктній точці;

N_i, N_j – інтенсивність руху потоків, що взаємодіють у даній конфліктній точці, транспортних авт./добу;

K_p – коефіцієнт річної нерівномірності руху по місяцях (враховується, якщо потрібно визначити кількість ДТП в певний місяць року – наприклад, в період інтенсивних перевезень. Коефіцієнт 25 враховує кількість робочих днів місяця. Для доріг, що проектується $25/K_p = 365$).

Таблиця 2.9

Коефіцієнти відносної аварійності конфліктних точок

Взаємодія потоків руху	Значення K_i при перетинанні	
	необладнаному	каналізованому
Розділення двох потоків	0,0015	0,0010
Перетинання двох потоків, що повертають	0,0020	0,0005
Злиття двох потоків, що повертають	0,0025	0,0012

До каналізованих відносять перетинання і примикання доріг з фіксованими потоками руху за допомогою окремих з'їздів, напрямних острівців, розмітки проїзної частини. Решту перетинань в одному рівні (крім кільцевих) слід відносити до необладнаних.

Ступінь небезпеки кожного варіанта перехрещення оцінюється показником безпеки руху, який характеризує вірогідну кількість ДТП на 10 млн автомобілів, що проходять або будуть проходити через перехрещення:

$$K_a = \frac{\sum q_i 10^7 K_p}{25(N_{\text{гол.}} + N_{\text{др.}})} = \frac{\sum K_i N_i N_j}{(N_{\text{гол.}} + N_{\text{др.}})}, \quad (2.28)$$

де N_i, N_j – інтенсивність руху потоків, що взаємодіють у даній конфліктній точці, авт./добу.

$N_{\text{гол.}}, N_{\text{др.}}$ – інтенсивності потоків, що перетинаються (по головній та другорядній дорозі).

Залежно від значення K_a перехрещення за ступенем небезпеки поділяються на:

- безпечні $K_a < 3$;
- мало небезпечні $K_a = 3,1 - 8$;
- небезпечні $K_a = 8,1 - 12$;
- дуже небезпечні $K_a > 12$.

Для перехресть, які проєктуються, K_a має бути не більше 8.

З формули (2.30) видно, що ступінь небезпеки в значній мірі залежить від інтенсивності руху потоків, які підходять до небезпечних точок перетину. Тому на дорогах з високою інтенсивністю руху замість перетинів (примикань) доріг в одному рівні проєктують транспортні розв'язки, на яких точки перетину замінюються на точки розгалуження та злиття потоків. До таких розв'язок належать кругові перетини в одному рівні та відігнаний лівий поворот, більш застосований на позаміських дорогах.

2.5.3. Оцінка рівня безпеки існуючих розв'язок

Оцінка ступеня небезпеки існуючих перетинань та примикань виконується на основі статистичних даних про ДТП, які відбулися. Якщо за останні 10 років на перехресті сталося більше 3-х ДТП, це означає, що планувальні рішення невдалі. Точну причину встановлюють на основі аналізу ДТП, відстані видимості на перетинанні, траєкторії руху та інтенсивностей руху автомобілів за напрямками.

Відносно небезпеку оцінюють коефіцієнтом K_a за формулою:

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7}{(N_1 + N_2) 365}, \quad (2.29)$$

де G – середня кількість ДТП за один рік протягом не менше 5 років;

N_1 и N_2 – середньодобові середньорічні інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються (транспортне навантаження вузла), авт./добу.

При $K_a < 8$ перехрестя вважається мало небезпечним;
при $K_a > 8$ необхідні заходи з підвищення безпеки руху.

Такі перетини підлягають детальному обстеженню зі збиранням даних про ДТП, інтенсивність і склад транспортних потоків, характеристику планування перетину, стан проїзної частини обох доріг, всіх з'їздів і відстаней видимості.

Питання для самоконтролю

1. *Що називається конфліктною точкою? Які конфліктні точки існують?*
2. *Як визначається показник складності чотирьох стороннього перехрестя?*
3. *Як оцінюється безпека руху перехресть, що проектуються?*
4. *Як оцінюється безпека руху існуючих перехресть?*

2.6. Пропускна здатність транспортних розв'язок в одному рівні

Пропускна здатність перетинання має дещо інший зміст, ніж пропускна здатність смуги руху (дороги) в цілому. Пропускна здатність перетинання залежить від параметрів потоків, що перетинаються.

Транспортні засоби з другорядної дороги можуть перетнути або влитися у транспортний потік на головній дорозі лише при наявності достатньо великих інтервалів між автомобілями в основному потоці ($\Delta t_{\text{гол}}$). Інтервал, який водії на другорядній дорозі вважають для себе **прийнятним** для виконання маневру, залежить від багатьох факторів, серед яких визначальними є:

- вид маневру; так, для переїзду 2-смугової дороги $\Delta t_{\text{пр}} = 6-8$ с;
- для лівого повороту $-10-13$ с; для повороту праворуч $-4-7$ с (за добрих умов руху);
- геометрія простору для маневру;
- дорожні умови (видимість, стан покриття, поздовжній ухил);
- динамічні якості транспортного засобу;
- психофізіологічні якості водія;
- довжина черги транспортних засобів на другорядній дорозі та час перебування у черзі.

Величину прийнятних інтервалів визначають прямим вимірюванням кількості використаних та невикористаних інтервалів, які є у головному потоці.

Інтервал, який 50% водіїв вважають достатнім і 50% відкидають як недостатній для виконання того чи іншого маневру, називають **критичним** або **граничним** $\Delta t_{гр}$.

При відсутності таких інтервалів рух транспортних засобів по другорядній дорозі припиняється. Збільшення інтенсивності руху по головній дорозі тягне за собою зменшення кількості інтервалів $\Delta t_{гол} > \Delta t_{гр}$, а це означає, що менша кількість автомобілів з другорядної дороги зможе перетнути перехрестя.

Розкид значень $\Delta t_{гр}$ доводить, що на нього впливає багато різних факторів. Але найбільш вагомим з них природно є інтенсивність руху на головній дорозі. Дійсно, кожній інтенсивності на головній дорозі $N_{гол}$ відповідає певна кількість транспортних засобів на другорядній дорозі $N_{др}$, які можуть з певною імовірністю перетнути головну дорогу за час $t \geq \Delta t_{гр}$. У зв'язку з цим термін «пропускна здатність перехрестя» означає можливе співвідношення інтенсивностей транспортних потоків N на дорогах, що перетинаються. На перехрестях співвідношення інтенсивностей N приймають різні значення й залежать від $N_{гол}$.

Кількість автомобілів з другорядної дороги, які можуть перетнути головну, залежить від того, наскільки повно використовуються інтервали між автомобілями на головній дорозі. В зв'язку з цим розрізняють декілька величин пропускної здатності перехрестя:

Теоретична – максимальна інтенсивність руху по другорядній дорозі $N_{др}$, (при заданій інтенсивності по головній дорозі $N_{гол}$), яка може бути досягнута при ідеальних умовах руху потоків, що перетинаються, і при повному використанні всіх інтервалів $\Delta t_{гол} \geq \Delta t_{гр}$ в основному потоці. Ця умова виконується лише при наявності постійної черги на другорядній дорозі, кількість автомобілів в ній має бути достатньою для заповнення будь-якого інтервалу у транспортному потоці по головній дорозі.

Можлива – максимальна інтенсивність руху по другорядній дорозі $N_{др}$, (при заданій інтенсивності руху по головній дорозі $N_{гол}$), яка може бути досягнута в реальних умовах руху потоків, що перетинаються, і при повному використанні всіх інтервалів $\Delta t_{гол} \geq \Delta t_{гр}$ в основному потоці. В цьому випадку також необхідна черга на другорядній дорозі.

Практична – максимальна інтенсивність руху по другорядній дорозі $N_{др}$ (при заданій інтенсивності руху по головній дорозі $N_{гол}$), з урахуванням реальних дорожніх умов і практичного

використання інтервалів в основному потоці.

При досягненні практичної пропускної здатності можуть спостерігатися черги автомобілів на другорядній дорозі, але не постійні, як при теоретичній та можливій пропускній здатності і меншої довжини. В цьому випадку більш правильно говорити не про пропуску здатність, з якою, як правило, пов'язують граничні можливості перехрещення, а про рівні завантаження рухом:

$$Z = N_{\text{існ.}} / N_{\text{зр.}} , \quad (2.30)$$

де $N_{\text{існ.}}$ – існуюча інтенсивність на другорядній дорозі,

$N_{\text{зр.}}$ – гранично можлива інтенсивність руху по другорядній дорозі.

Розрахунки пропускної здатності можуть проводитися за трьома різними методиками:

1. Розрахунок за спрощеною схемою впорядкованого потоку;
2. Розрахунок за схемою руху з використанням закономірностей формування ТП;
3. Визначення пропускної здатності з використанням даних безпосереднього спостереження.

Пропускна здатність перехресть розглядається у вигляді співвідношень інтенсивностей руху, що перетинаються.

Пропускна здатність одного напрямку руху другорядної дороги

Найбільш реальні результати дає метод розрахунку, що використовує закономірності формування транспортних потоків. Основні положення цього методу наступні.

Оскільки дороги, що перетинаються, поділяються на головну та другорядну, причому перевага в русі надається автомобілям по головній дорозі, автомобілі з другорядної дороги перетинають потік головної лише якщо в ньому є достатні інтервали часу.

Проміжок в основному потоці вважається достатнім, якщо

$$\Delta t_{\text{гол}} \geq \Delta t_{\text{зр}} . \quad (2.31)$$

В основному потоці є інтервали різної довжини, частина яких може бути більша за $\Delta t_{\text{зр}}$. В цьому випадку впродовж такого інтервалу може проїхати декілька автомобілів з другорядної дороги. Загальна кількість автомобілів з другорядної дороги, що проїдуть впродовж інтервалів $\Delta t_{\text{гол}} \geq \Delta t_{\text{зр}}$, складе пропуску здатність перехрестя при даній інтенсивності руху по головній дорозі.

Для пропуску i -ї кількості автомобілів з другорядної дороги величина інтервалів знаходиться так:

- для пропуску одного автомобіля $\Delta t_{\text{рол}} = \Delta t_{\text{рп}}$
- для пропуску двох автомобілів $\Delta t_{\text{рол}} = \Delta t_{\text{рп}} + \delta t_2$;
- для пропуску трьох автомобілів $\Delta t_{\text{рол}} = \Delta t_{\text{рп}} + \delta t_2 + \delta t_3$;
- для пропуску i -ої кількості автомобілів
 $\Delta t_{\text{рол}} = \Delta t_{\text{рп}} + \delta t_2 + \delta t_3 + \dots + \delta t_i$,

де δt_i – інтервали між автомобілями, які виходять на перехрестя з другорядної дороги.

Пропускна здатність одного напрямку другорядної дороги:

$$N_{\text{ор.}i} = N_{\text{гол.}} \left(A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{\text{рп}}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{\text{рп}}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{\text{рп}}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right), \quad (2.32)$$

де $N_{\text{гол.}}$ – інтенсивність руху на головній дорозі, авт./год;

A, B, C – коефіцієнти, що характеризують окремі частини потоку головної дороги:

A – частка автомобілів, що рухаються вільно,

B – частка автомобілів, що рухаються частково зв'язано,

C – частка автомобілів, що рухаються зв'язано.

Зрозуміло, що $A + B + C = 1$.

$A = x_m \cdot e^{-x_n}$ – для ділянок підйомів; x_m – коефіцієнт, що враховує кількість автомобілів в потоці, які рухаються повільно (табл. 2.10); x_n – коефіцієнт, що враховує крутизну ухилу і довжину підйому (табл. 2.31).

Таблиця 2.10

К, %	х _м при відстані від підйому, м						
	<100	500	1000	1500	2000	3000	4000 та більше
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,64	0,72	0,78	0,82	0,85	0,88	0,83
20	0,46	0,54	0,61	0,68	0,71	0,75	0,77
30	0,36	0,43	0,50	0,58	0,62	0,68	0,70
40	0,27	0,34	0,43	0,51	0,55	0,61	0,65

До автомобілів, що повільно рухаються, відносять такі, швидкість яких на 10 км/год менше середньої для всього потоку.

Кількість таких автомобілів визначається дослідженнями швидкостей на дорозі.

Таблиця 2.11

Ухил ‰	х _п при довжині підйому, м				Ухил ‰	х _п при довжині підйому, м			
	50	100	200	300		50	100	200	300
< 20	0	0	0	0	60	0,05	0,10	0,17	0,30
30	0	0	0,02	0,04	70	0,09	0,12	0,19	0,34
40	0	0,02	0,05	0,12	80	0,11	0,15	0,24	0,42
50	0,02	0,06	0,11	0,19					

Коефіцієнт A для населених пунктів визначають за рис. 2.43,
 $B = f(A)$ за рис. 2.44;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коефіцієнти, що визначають щільність транспортного потоку на основній смузі дороги;

Для 2-х смугових доріг $\beta_i = f(A)$ визначають за графіком (рис. 2.45), $\beta_2 = 3,5$ и $\beta_3 = 5,7$.

$\lambda = N_{\text{гол.}} / 3600$;

$\Delta t_{\text{гр.}}$ – граничний інтервал часу при злитті транспортних потоків, що приймається водієм, с та визначається за рис. 2.46;

δt – інтервал між виходами автомобілів з черги другорядної дороги (визначають, виходячи зі складу транспортного потоку).

Частка легкових автомобілів в потоці, %

...	≤ 15	15...20	20...25
δt , с...	4,0	3,7	3,6

В середньому для легкових автомобілів δt становить 2,8–3,6 с., для вантажних – до 5,3 с. Реально для розрахунків можна приймати $\delta t = 4$ с.

Для спрощення розрахунків усі потоки, що виїжджають або повертають на перетинанні, приводять до одного умовного потоку. Зважаючи на те, що основним параметром, який визначає пропускну здатність перетинання, є граничний проміжок часу, приведення виконується шляхом співставлення цього показника для різних напрямків. Значення коефіцієнтів приведення K при різних планувальних вирішеннях наведено в табл. 2.32.

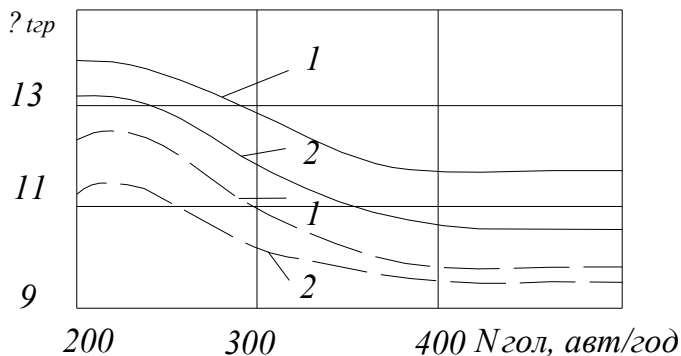


Рис. 2.42. Зміна граничного проміжку часу для лівого повороту залежно від інтенсивності руху по головній дорозі:
 1 – просте перетинання; 2 – каналізоване перетинання; інтенсивність руху по головній дорозі $N_{\text{гол}} = 250-500$ авт./год; інтенсивність руху автомобілів, які повертають ліворуч $N_{\text{л}} = 40 - 90$ авт./г; $\Delta t_{\text{гр}}$ при 85% забезпеченості;
 ----- $\Delta t_{\text{гр}}$ при 50% забезпеченості

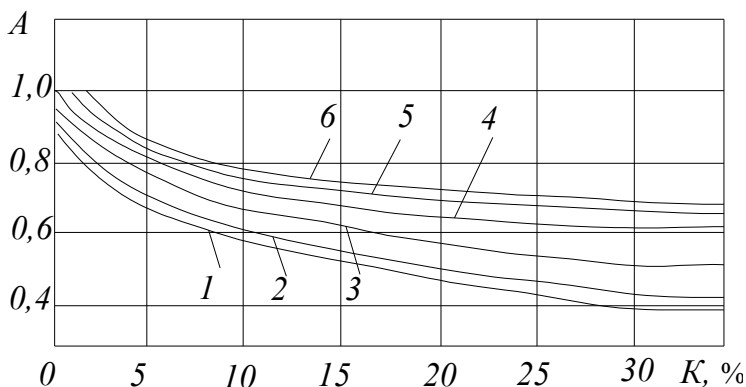


Рис. 2.43. Вплив населеного пункту на розподіл інтервалів в потоці залежно від складу руху при відстані від населеного пункту:
 1 – 0 м; 2 – 200 м; 3 – 400 м; 4 – 600 м; 5 – 1000 м; 6 – 1500 м;
 K – частка автомобілів в потоці, які повільно рухаються

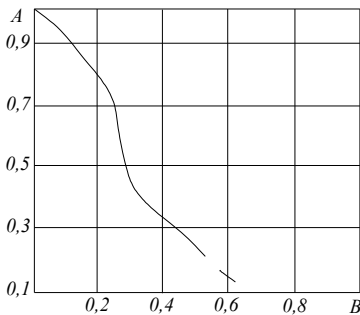


Рис. 2.44. Залежність між коефіцієнтами A та B

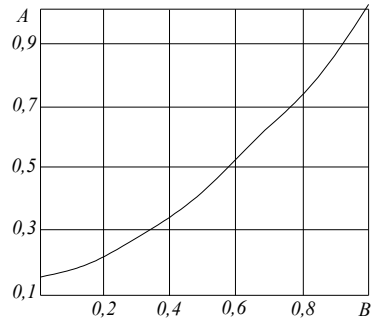


Рис. 2.45. Залежність між коефіцієнтами A та β_1

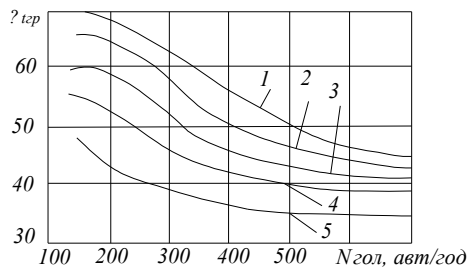


Рис. 2.46. Зміна граничного проміжку часу для правого повороту при різних радіусах з'їздів: 1 – $R=10-13$ м; 2 – $R=15$ м; 3 – $R=25$ м; 4 – $R=50$ м; 5 – $R=50$ м при наявності перехідно-швидкісних смуг

Повна пропускна здатність розв'язки

Розрахунок за формулою 2.32 дозволяє визначити пропускну здатність не всього перехрестя, а лише одного напрямку руху з другорядної дороги, який перетинає або зливається з потоком по головній дорозі. Повна пропускна здатність визначається як сума пропускних здатностей по всіх напрямках.

Відповідно до визначення теоретична пропускна здатність перехрестя для ідеальних умов руху

$$N = N_{гол.} \frac{e^{-\lambda \Delta t_{cp}}}{1 - e^{-\lambda \delta t}}, \quad (A=1) \text{ авт./год}, \quad (2.33)$$

де Δt_{cp} – граничний проміжок часу, що визначається з вірогідністю його прийняття 50%,

$$\lambda = N_{гол.} / 3600;$$

δt – інтервал між виходами автомобілів з черги другорядної дороги.

Можлива пропускна здатність визначається за формулою 2.33, з урахуванням реальних умов руху, тобто $A \neq 1$, але граничний проміжок часу приймається також для 50% забезпечення.


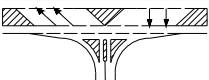
Для визначення практичної пропускної здатності у формулі 2.33 параметр $\Delta t_{гр}$ приймається за умов 85% забезпечення.

Практична пропускна здатність в значній мірі залежить від обладнання та виду маневру в межах перехрестя, що оцінюється коефіцієнтом приведення (табл. 2.12)

Таблиця 2.12

Тип перетинання	Схема планування	Коефіцієнт приведення К			
		Лівий поворот з дороги		Пряме перетинання	Правий поворот
		головної	Другорядної		
1	2	3	4	5	6
Просте необладнане перетинання; $R = 10 \text{ м}$		1,1	1,1	1,0	0,62
Необладнане перетинання; $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$		1,0	1,0	1,0	0,45
Розділяючий та спрямовуючий острівці на другорядній дорозі; головна дорога не обладнана		1,0	0,85	0,9	0,27
Те саме, ПШС на головній дорозі (неповне каналізоване)		1,0	0,85	0,9	0,1
Те саме, розділення зустрічних потоків на головній дорозі		0,9	0,65	0,7	0,1

продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5	6
Те саме, лівоповоротні острівці на головній дорозі з ПШС (каналізоване перетинання)		0,60	0,65	0,70	0,1
Те саме, ПШС для лівого повороту на головній дорозі		0,60	0,6	0,2	0,

Орієнтовні значення пропускної здатності деяких типових перехресть в одному рівні наведені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Орієнтовні значення пропускної здатності деяких типових перехресть в одному рівні

Вид перехрестя	Максимальна теоретична пропускна здатність, % від пропускної здатності однієї смуги руху	Практична пропускна здатність, авт/год
Просте	400	700...1000
З додатковими смугами руху для правих поворотів	400	1000...1200
Те саме, для правих й лівих поворотів	400	1500...2000
Кругове з односмуговим кільцем і з ділянками злиття	200	1600...2000
Те саме з двосмуговим рухом й ділянками злиття	200 і більше	1800...2200
Ромбоподібне з двохпутними з'їздами	400	1000...1200
Напівкільце	400	1200...1500
Примикання просте	300	2000
Примикання з додатковими смугами	300	2200...2400
Примикання з відокремленими з'їздами	300	2000...2400
Розгалуження просте	200	1500...16000

У таблиці 2.14 вказані рекомендовані рівні завантаження, що визначені на основі аналізу режимів руху, зручності та безпеки руху на перехресті в одному рівні.

Таблиця 2.14

Рекомендовані рівні завантаження руху на
перехресті в одному рівні

Рівень завантаження головної дороги	Гранично допустимий рівень завантаження другорядної дороги	Рекомендований рівень завантаження другорядної дороги
(0,15 - 0,3)Р	0,11Р	0,75 N
(0,3 - 0,5)Р	0,22Р	0,75 N
(0,5 - 0,75)Р	0,37Р	0,75 N
(0,75 - 0,1)Р	0,56Р	0,75 N
де Р – пропускна здатність головної дороги; N – практична пропускна здатність перехрестя по напрямку другорядної дороги.		

Для спрощення розрахунків всі потоки, які повертають на перехресті, приводяться до умовного. В зв'язку з тим, що головний показник, що визначає пропускну здатність перехрестя – граничний інтервал, приведення виконується через співставлення цього показника для різних напрямків руху. Коефіцієнт приведення визначається з формули:

$$K = \frac{\Delta t_{\text{зп}}^{\text{np}}}{\Delta t_{\text{зп}}^{\text{л}}}, \quad (2.34)$$

де $\Delta t_{\text{зп}}^{\text{np}}$ – граничний проміжок часу для правого повороту, с;

$\Delta t_{\text{зп}}^{\text{л}}$ – граничний проміжок часу для лівого повороту.

На необладнаних перехрестях в одному рівні, де перевагою користуються лише автомобілі головної дороги, лише правий поворот з головної дороги на другорядну виконується без перешкод. Правий поворот з другорядної дороги внаслідок малої площі перехрещення можливий лише при відсутності лівоповоротного потоку з тієї самої дороги. (На каналізованих перехрестях, якщо виділені перехідно-швидкісні смуги для правого повороту, цей недолік відсутній).

Лівий поворот на головній дорозі утруднений необхідністю пропуску прямого та правоповоротного потоків з протилежного напрямку. Таким чином, інтенсивність лівоповоротного потоку з другорядної дороги ніби збільшується на число тих автомобілів, які повертають ліворуч з головної дороги.

На каналізованих перехрестях в одному рівні, де для кожного напрямку виділена окрема смуга руху, взаємні перешкоди мають лише автомобілі лівоповоротних потоків та автомобілі, які перетинають головну дорогу з другорядної у прямому напрямку. В зв'язку з цим до інтенсивності руху приведенного потоку на каналізованому перехресті на відміну від необладнаного включають тільки лівоповоротний рух головної та другорядної доріг, а правоповоротний рух розглядається як самостійний потік транспорту, максимальна можлива інтенсивність якого обмежується інтенсивністю руху по головній дорозі.

Інтенсивність руху приведенного потоку на другорядній дорозі (з одного напрямку):

$$N_{прив} = (N_{л}^{др} \times K_{л}^{др}) + (N_{нн}^{др} \times K_{нн}^{др}) + (N_{нр}^{др} \times K_{нр}^{др}) + (N_{л}^{зол} \times K_{л}^{зол}) \\ = N_{др} (K_{л}^{др} \times n_{л} + K_{нн}^{др} \times n_{нн} + K_{нр}^{др} \times n_{нр}) + K_{л}^{зол} \times N_{к}^{зол} \quad (2.35)$$

де $N_{л}, N_{нн}, N_{нр}$ – інтенсивності руху відповідно лівого, прямого та правоповоротного потоків;

K – коефіцієнти приведення (табл. 2.12);

Π – частка потоків, що рухаються у відповідному напрямку.

Індекс *зол.* та *др.* відповідають головній та другорядній дорогам.

Сумарна інтенсивність руху на другорядній дорозі розраховується за формулами:

Для необладнаних перехресть:

$$N = \frac{N_{прив.} - K_{л}^{зол.} N_{зол.}}{(K_{л}^{др} \times n_{л}) - (K_{нн}^{др} \times n_{нн}) + (K_{нр}^{др} \times n_{нр})}; \text{ авт./г.} \quad (2.36)$$

Для каналізованих перехресть:

$$N = \frac{N_{прив.} - K_{л}^{зол.} N_{зол.}}{(K_{л}^{др} \times n_{л}) - (K_{нн}^{др} \times n_{нн})} + N_{нр}, \text{ авт./г.} \quad (2.37)$$

де $N_{прив}$ – граничне значення приведеної інтенсивності руху, що розраховане за формулою (2.34) для лівоповоротного руху.

$N_{др}, N_{зол}$ – інтенсивності руху відповідно на головній та другорядній дорогах,

K – коефіцієнт приведення (табл. 2.32);

n – частка автомобілів, що повертають, у частках одиниці;

$N_{нр}$ – пропускна здатність правого повороту з другорядної дороги, що визначається за формулою 2.32 при значенні $\Delta t_{зр}$ для правого повороту (рис. 2.45).

Із збільшенням впливу дорожніх умов і складу потоку на розподіл автомобілів по головній дорозі пропускна здатність перехрестя зростає (із погіршенням умов зростає кількість довгих інтервалів між автомобілями у головному потоці). Але в той самий час збільшується величина черг на другорядній дорозі. Тому найкращі умови роботи перехрестя можливі саме при сприятливих умовах руху на головній дорозі.

На режим роботи перехрестя, зокрема, його пропускну здатність, впливає інтенсивність лівоповоротних потоків, особливо на необладнаних перехрестях. Влаштуванням додаткової смуги для правого повороту з другорядної дороги на головну на перехрестях вплив лівоповоротного потоку на сумарну пропускну здатність перехрестя може бути значно знижений. Але максимальна інтенсивність лівого повороту та прямого потоку з другорядної дороги обмежується сумарною інтенсивністю й інтенсивністю лівого повороту на головній дорозі.

Робота перехрестя у режимі пропускної здатності пов'язана з появою черг на другорядній дорозі, що призводить до збільшення транспортних втрат. Тому завантаження перехрестя слід проектувати так, щоб воно не створювало суттєвих перешкод руху на дорогах, що перетинаються.

Пропускна здатність перехресть з примусовим регулюванням руху

Пропускна здатність залежить від геометрії перехрестя, тобто від ширини проїзної частини перед перехрестям, на самому перехресті та на виході з нього, від параметрів поздовжнього профілю, від наявності або відсутності зон стоянки автомобілів поблизу перехрестя, від радіусів поворотів на перехресті, а також від наявності або відсутності дорожньої розмітки, режиму роботи світлофорів (тривалості дозволяючого сигналу $t_{\text{зел}}$ та циклу регулювання в цілому $T_{\text{ц}}$), характеру розподілу транспортного потоку за напрямками і складу потоку за напрямками руху, наявності або відсутності пішохідного потоку, часу реакції водія t_p тощо. Прибуття автомобілів до перехрестя залежить від співвідношення циклів регулювання на суміжних перехрестях та режимів роботи цих перехресть.

Пропускна здатність регульованого перехрестя може бути оцінена: коефіцієнтом завантаження перехрестя рухом; довжиною черги транспортних засобів; часткою надлишкових циклів.

Коефіцієнт завантаження перехрестя рухом:

$$z = \frac{n_{зел}^I}{n_{зел}}; \quad (2.38)$$

де $n_{зел}^I$ – кількість завантажених фаз зеленого сигналу;

$n_{зел}^I$ – загальна кількість фаз зеленого сигналу за одиницю часу.

Фаза зеленого сигналу **вважається завантаженою**, якщо перед включенням зеленого сигналу на всіх смугах є автомобілі, готові виїхати на перехрестя, і впродовж усієї зеленої фази всі смуги рівномірно зайняті (немає надмірних інтервалів між автомобілями).

Більш-менш задовільним показником в такому методі оцінки є тривалість затримки перед перехрестям.

Зв'язок між коефіцієнтом завантаження і рівнем обслуговування наведено у таблиці 2.35.

Пропускна здатність ділянки поблизу перехрестя характеризує максимальну інтенсивність, з якою автомобілі виїжджають на перехрестя з окремої смуги. Вивчення роботи перехресть показують, що в певних ідеальних умовах інтервал між автомобілями, які виїжджають безперервним потоком на перехрестя, стабілізується на рівні 2,1–2,0 с при пропускній здатності $P=0,48...0,5$ авт./с.

Таблиця 2.15

Коефіцієнт завантаження і рівень обслуговування

Рівень обслуговування	Характер потоку	Z
A	Вільний	0
B	Стабільний	$\leq 0,1$
C	Стабільний	$\leq 0,3$
D	Такий, що наближається до нестабільного	$\leq 0,7$
E	Нестабільний	$\leq 1,0^*$
F	Такий, що знаходиться в стиснених умовах	-

* Як правило, у таких умовах $Z = 0,85$, якщо тільки робота світлофорів не організована виключно ефективно.

Ефективна тривалість зеленої фази t_{ef} – це сума тривалості зеленого та жовтого сигналів мінус втрати часу на розгін з черги та часу проїзду останнього автомобіля, що потрапляє у фазу зеленого сигналу (час розгону з черги $\approx 3,7$ с, а час проїзду через перехрестя останнього автомобіля ≤ 2 с залежно від швидкості руху і геометрії перехрестя) або:

$$t_{ef} = t_{зел} + t_{жовт} - t_{розгону} - t_{ост} \cdot c \quad (2.39)$$

Якщо виходити з цих значень і $T_{ц} = 120$ с (30 циклів за годину) при 50%-ій тривалості зеленого сигналу, теоретична пропускна здатність однієї смуги за годину на перехрестях, що регулюються світлофором, в ідеальних умовах буде становити ≈ 800 авт./год [пропускна здатність = 30 (t_{ef} – втрати часу)]. Але такий великій інтенсивності руху відповідає значна середня затримка (більше 4 хв для кожного автомобіля). Тому більш реальною вважається пропускна здатність на рівні 1450 авт./год, що відповідає 90% теоретичного значення.

Середня затримка швидко збільшується, як тільки інтенсивність руху починає перевищувати 800 авт./год.

Довжина черги транспортних засобів

Середню довжину черги можна приблизно визначити як найбільшу з двох величин, що отримуємо за залежностями:

$$n = q \cdot t_{черв} \text{ або } n = q \left(t_{черв} / 2 + \Delta t \right), \quad (2.40)$$

де n – довжина черги,

q – питома інтенсивність руху на ділянці біля перехрестя, авт/с,

$t_{черв}$ – тривалість червоного сигналу світлофора,

Δt – середня тривалість затримки одного автомобіля, с.

Надлишкові цикли

Надлишковий цикл P – цикл, у якому кількість автомобілів, що прибувають до перехрестя, перевищує пропускну здатність. В цьому випадку автомобілі прїзджаяють перехрестя за 2, 3, а часом, і за 4 цикли регулювання.

Кількість надлишкових циклів підраховують методом спостереження. Якщо в середньому 30% циклів є надлишковими, організація руху на перетинанні вважається нераціональною.

Можна сформулювати основні фактори, що впливають на пропускну здатність перехресть в населених пунктах.

Розташування перехрестя в плані міста (ближче до центру пропускна здатність менше внаслідок підвищення інтенсивності пішохідного руху, наявності маршрутного транспорту, автостоянок тощо).

Розміри міста (більша пропускна здатність у великих містах, що зумовлено прискореним ритмом життя населення, звичкою до швидкої їзди).

Зміна інтенсивності руху впродовж години (годинна нерівномірність руху). Із зростанням інтенсивності руху пропускна здатність перехрестя зменшується.

Ширина проїзних части, що перетинаються (чим ширше, тим пропускна здатність більша).

Наявність засобів організації руху, що визначають кількість смуг руху та напрямки руху з них (поздовжньої розмітки, інформаційно-вказівних знаків тощо).

Пропускна здатність перетинання з лівим віднесенням поворотом

Пропускна здатність даного напрямку (ділянки злиття, переплетення, розвороту):

$$P = N \left(\frac{e^{-N/T(\Delta t_{zp}-1)}}{1 - e^{-N/T\delta_t}} \right), \text{ авт./год,} \quad (2.41)$$

(далі всюди інтенсивність у приведених авт./год).

де N – інтенсивність руху одної смуги основної дороги, в яку вливається потік з другорядної дороги, авт./год;

$T=3600$ с;

Δt_{zp} – граничний інтервал руху, що залежить від інтенсивності руху, виду маневру та планування перехрестя, с;

δ_t – мінімальний інтервал між транспортними засобами, що виконують маневр, с.

Якщо зливаються потоки з прилеглої дороги, за N приймають інтенсивність крайньої смуги головної дороги; якщо потоки переплітаються, за N приймають інтенсивність руху лівої смуги; при розвороті з перехрещенням потоків автомобілів по головній дорозі за N приймають сумарну інтенсивність по обох смугах.

Для ділянки розвороту:

а) з перехрещенням потоків (тобто з зупинкою):

N_{2-1} , авт./год.....	600	800	1000
$\Delta t_{гр(сп)}$, с	9,7	9,0	8,2

б) з безперервним рухом:

$N_{лів.}$, авт./год.....	200	500	800
$\Delta t_{гр(п)}$ с	4,0	3,8	3,5

($\Delta t_{гр(сп)}$ – при злитті потоку другорядної дороги з потоком на головній дорозі; $\Delta t_{гр(п)}$ – при перехрещенні потоком другорядної дороги потоку на головній дорозі).

Інтенсивність руху по правій смузі при переплетенні потоків:
 N_1 , авт. 400 600 800 1000
 $\Delta t_{гр}$, с.....4,1 3,6 3,3 3,0.

Довжина ділянки від місця примикання до ділянки розвороту:

L , м... 200 300 400 500 600
 $\Delta t_{гр}$, с..... 6,0 4,1 3,9 3,5 3,2.

Мінімальні інтервали між автомобілями, що виконують маневр, приймають:

$\delta_t = 2,2$ с – при розвороті з зупинкою;

$\delta_t = 2,5$ с – при розвороті з безперервним рухом;

$\delta_t = 2,6$ с – при злитті потоків з прилеглої на головну;

$\delta_t = 3,3$ с – при переплетенні потоків.

Для оцінки пропускної здатності кожного напрямку на перехрещенні в одному рівні з відігнаними лівими поворотами використовується графік на рис. 2.47.

P , л.авт/год

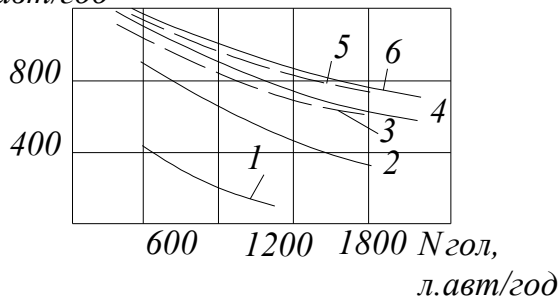


Рис. 2.47. Залежність пропускної здатності кожного напрямку руху від інтенсивності руху по головній дорозі: 1 – ділянка розвороту з зупинкою;

2 – ділянка переплетення при $L = 200$ м; 3 – те саме при $L = 300$ м;

4 – ділянка злиття; 5 – ділянка переплетення при $L = 500$ м; 6 – ділянка розвороту з безперервним рухом; L – відстань від місця прилягання дороги до ділянки розвороту

При проектуванні перехрещення в одному рівні на багатосмуговій дорозі з лівим віднесеним поворотом рекомендується орієнтуватися на наступні рівні завантаження.

Таблиця 2.16

Рекомендовані рівні завантаження на ділянках з ЛВП

$Z_{\text{гол}}$	$Z_{\text{др}}$
0,2	0,3...0,4
0,2...0,45	0,25...0,1
0,45...0,7	0,05

Перехрестя з лівим віднесеним поворотом на 4-хсмугових дорогах впливає на пропускну здатність магістралі. Для оцінки пропускну здатності магістралі в цьому випадку рекомендується використовувати коефіцієнт зниження пропускну здатності, який залежить від частки автомобілів, що виконують розворот (табл. 2.36).

Таблиця 2.17

Коефіцієнт зниження пропускну здатності, який залежить від частки автомобілів, що виконують розворот

Тип перехрещення (примикання)	Частка автомобілів, що розвертаються, %			
	20	40	60	80
Необладнані перехрестя	0,86	0,8	0,62	0,48
Частково обладнані з ПШС на ділянці примикання	0,92	0,9	0,85	0,78
Повністю каналізовані з перерваним рухом на ділянці розвороту (тобто із зупинкою)	0,98	0,95	0,9	0,85
Повністю каналізовані з безперервним рухом	1,0	0,98	0,96	0,93

Пропускна здатність перетинання з кільцевим рухом

Пропускна здатність перетинання у вигляді кільця залежить від геометричних параметрів плану перехрещення, параметрів транспортного потоку і організації руху при в'їзді на кільце (більш висока – якщо при інших рівних умовах надається перевага тим, хто рухається по кільцю). Максимальна пропускна здатність такого перетину дорівнює граничній інтенсивності на усіх його в'їздах.

Пропускна здатність в'їзду на кільце – максимальна кількість автомобілів, які можуть в'їхати на перехрестя в одиницю часу при заданій інтенсивності руху по кільцю і наявності постійної черги на в'їздах на нього.

Для оцінки пропускну здатності таких перехресть необхідні дані про інтенсивність, склад руху та розподіл потоку за напрямками в «години-пік».

Пропускна здатність в'їзду на кільце залежить від кількості смуг руху на в'їзді, форми в'їзду, інтенсивності руху на кільці та складу руху.

$$P_g = \frac{C}{k_c} (A - B N_k); \text{ авт./год}, \quad (2.42)$$

де C – коефіцієнт, що враховує вплив діаметру центрального острівця $D_{ц.о.}$ на пропускну здатність в'їзду на таке перехрестя:

Коефіцієнт, що враховує вплив діаметру центрального острівця $D_{ц.о.}$ на пропускну здатність в'їзду на таке перехрестя наведено в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18

$D_{ц.о.}$	15 - 20	40 - 50	80	125	160	200
C	0,94	1	0,9	0,84	0,79	0,75

Коефіцієнт, що враховує коефіцієнт складу руху:

$$k_c = \sum_{i=1}^n m_i \lambda_i, \quad (2.43)$$

де k_c – коефіцієнт, що враховує склад руху.

Коефіцієнти приведення до легкового автомобіля для розрахунку пропускну здатності кільця наведені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

Коефіцієнти приведення до легкового автомобіля для розрахунку пропускну здатності кільця

Вид транспортного засобу	Коефіцієнт приведення λ_i
Легкові автомобілі	1,0
Вантажні до 2 т	1,4
Вантажні від 2 до 6 т	1,7
Вантажні більше 6 т	2,3
Автобуси	2,9
Автопоїзди	3,5

де λ_i – коефіцієнт приведення i -го типу транспортного засобу до легкового автомобіля на перехрестях з круговим рухом;

m_i – частка транспортних засобів різних типів в потоці;

n – кількість типів транспортних засобів;

N_k – інтенсивність руху по кільцю, приведених авт./год;

N_k – інтенсивність руху на колі, авт./год;

A і B – коефіцієнти, що характеризують планування виїздів, залежать від кількості смуг руху на підході до перетину b_1 і на

виїзді з перетинання b_2 (табл. 2.38).

Кількість смуг на виїзді:

$$a_2 = B/b_1, \quad (2.44)$$

де B – ширина проїзної частини на виїзді, м,

b_1 – ширина смуги руху, м.

Таблиця 2.20

Коефіцієнти, що характеризують планування виїздів

b_1	b_2	N_k	A	Б	b_1	b_2	N_k	A	Б
1	1	≤ 2240	1500	0,67	1	3	≤ 1600	1800	0,31
2	2	≤ 2530	26300	1,04			≥ 1600	3200	1,18
1	2	≤ 1400	1800	0,45	2	3	≤ 1100	2900	0,91
		> 1400	2630	1,04			> 1100	3200	0,18

За формулою 2.37 визначається **максимальна пропускна здатність**, яка може бути досягнута при наявності постійної черги автомобілів, що чекають на в'їзд. Такий режим роботи перетинання несприятливий, так як приводить до великих втрат часу.

Для перетинань з рухом по кільцю економічно ефективним вважається завантаження, при якому відсутні черги на в'їзді на кільце, тобто:

$$Z = N_g / P_g, \quad Z \leq 0,65, \quad (2.45)$$

де N_g – фактична або перспективна інтенсивність руху на в'їзді, авт./год;

P_g – максимальна пропускна здатність в'їзду в реальних дорожніх умовах, авт/год.

Оптимальним вважається коефіцієнт завантаження

$$Z_{opt} = 0,65, \text{ задовільним (практичним) } - Z_{прат.} = 0,85.$$

Практична пропускна здатність в'їзду

$$P_{прат.в} = P_g \cdot Z_{прат.} \quad (2.46)$$

Збільшення інтенсивності руху на одному із в'їздів призведе до зростання інтенсивності руху на кільці перед іншими в'їздами, пропускна здатність перетинання зменшиться. В цьому випадку пропускна здатність самого кільця буде менша за пропускну здатність в'їздів.

Якщо хоча б для одного з'їзду $Z \geq 0,65$ – необхідно провести заходи з підвищення пропускної здатності з'їздів; якщо $Z < 0,65$, можна оцінити запас пропускної здатності кожного з'їзду, тобто можливість зростання інтенсивності руху N_g на даному з'їзді до її

пропускної здатності P_{θ} при рівномірному збільшенні інтенсивності руху на всьому кільцевому перетинанні. Запас пропускної здатності в'їзду:

$$N_{\theta(x)} = \frac{l}{k_3} w z (A - B N_{\kappa} \cdot X), \quad (2.47)$$

де X – коефіцієнт запасу пропускної здатності в'їзду:

$$X = \frac{w z A}{(k_3 \cdot N_{\kappa} + w z B z_{\kappa})}, \quad (2.48)$$

A і B – коефіцієнти, що характеризують планувальні параметри в'їзду (табл. 2.38).

При умові, що запас пропускної здатності в'їзду розраховується за формулою

$$N_{\theta(x)} = l / k_3 w z (A - B N_{\kappa} X), \quad (2.49)$$

формулу розрахунку коефіцієнта запасу пропускної здатності можна записати так

$$X = w z A / (k_3 N_{\kappa} + w z B N_{\kappa}). \quad (2.50)$$

Коефіцієнт запасу пропускної здатності з'їзду показує, у скільки разів може збільшитися інтенсивність руху на в'їзді до досягнення пропускної здатності. Коефіцієнт X розраховують для кожного в'їзду при $Z_{ont}=0,65$.

З усіх X вибирають найменший, який відповідає найбільш завантаженому в'їзду (X_{min}).

Повна пропускна здатність перехрестя з круговим рухом, що відповідає економічно ефективному завантаженню рухом ($Z_{ont}=0,65$)

$$P_{\kappa} = x_{min} \sum_{i=1}^n N_{bi}. \quad (2.51)$$

Приклади визначення пропускної здатності перехресть наведені у додатку Л.

Питання для самоконтролю

1. Що таке пропускна здатність перетинання або примикання автомобільних доріг.
2. Чим відрізняється теоретична пропускна здатність від можливої?
3. Чим відрізняється можлива пропускна здатність від практичної?
4. Що показує рівень завантаження дороги рухом?

5. Як розрахувати пропускну здатність одного напрямку руху?
6. Яким чином виконується приведення транспортного потоку на примиканні або перетинанні до розрахункового?
7. Що таке сумарна інтенсивність руху на другорядній дорозі? Як вона розраховується?
8. Як може бути оцінена пропускну здатність регульованого перехрестя?
9. Як визначити пропускну здатність відігнутого лівого повороту?
10. Як визначити пропускну здатність в'їзду на кільце?
11. Як розрахувати повну пропускну здатність перехрестя з круговим рухом?

2.7. Втрати часу на транспортних розв'язках

Вплив перехрестя на швидкість руху потоків по головній та другорядній дорогах

Як видно з рис. 2.49, зниження швидкості руху, а отже й транспортні втрати, виникають у зоні можливих конфліктів між траєкторією автомобіля II, що виконує правий поворот, і траєкторією автомобіля III, що їде за ним і має намір продовжити рух через перехрестя у прямому напрямку. Виконати поворот автомобіль II може тільки зі зниженою швидкістю; зона гальмування починається у перетині $b - b$, (крива II).

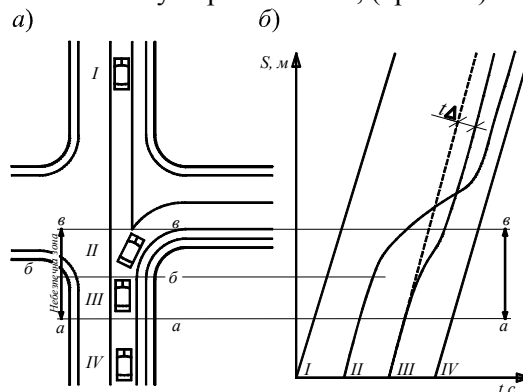


Рис. 2.49. Схема руху при маневрі відхилення: а – схема перехрестя, б – графік зміни швидкості руху у координатах $S - t$

Щоб уникнути попутного зіткнення, водій автомобіля III також змушений знижувати швидкість, починаючи з перетину $a -$

a , транспортна затримка його характеризується величиною t_{Δ} відхилення кривої III. При цьому на смузі руху виникає зона перешкоди і можливого зіткнення довжиною від перетину $a - a$ до перетину $b - b$, в якому автомобіль II повністю звільняє смугу руху. Довжина цієї зони залежить від різниці між швидкостями потоку і тієї, з якої може бути виконано поворот праворуч автомобілем II, а також від інтенсивності гальмування. Конфліктна точка відхилення стає особливо небезпечною, а затримка t_{Δ} більш тривалою, якщо автомобіль, який виконує маневр, змушений попередньо зупинитися (це особливо часто виникає при повороті ліворуч).

На рис. 2.49 крива I показує, що автомобіль рухався на всій ділянці зі сталою швидкістю, характерною для потоку. Автомобіль II наблизився до місця злиття (перетин $b - b$) з такою самою швидкістю, знизив її в зоні повороту на криволінійній ділянці, а також можливо в зв'язку з тим, що перетин був зайнятий автомобілем III. Водій автомобіля II прийняв рішення влитися в потік між III і IV, який він вважає безпечним для виконання маневру. Водій автомобіля IV, щоб уникнути зіткнення з автомобілем II, почав пригальмовувати в перетині $a - a$. Його затримка характеризується часом t_{Δ} .

Транспортні втрати на другорядній дорозі

Для переїзду 2-х смугової (шириною 7,5 м) дороги необхідний інтервал часу становить близько 3 с. Прийнятний інтервал залежить не стільки від динамічних властивостей транспортних засобів, скільки від характеристик самого водія (стаж, вік, здоров'я, соціальна група, тощо.).

Водій на другорядному напрямку змушений чекати появи у конфліктуючому потоці просторово-часових інтервалів, достатніх, на його думку, для виконання необхідного маневру. Тому інтервал, що влаштовує одного водія, може не влаштовувати іншого, і навпаки.

Задача визначення транспортних втрат в таких випадках може бути вирішена методами математичної статистики. Для цього вводиться поняття **граничного прийнятого інтервалу**, який з певним ступенем ймовірності використовується водіями для здійснення маневру. У розрахунках можуть використовуватися інтервали, що мають 50-, 85- і навіть 100-відсоткову забезпеченість.

Граничний прийнятний інтервал $t_{гр.}$ залежить від виду маневру. Так, для переїзду 2-смугової дороги, $t_{гр.}$ становить 6–8 с; для лівого повороту 10–13 с; для повороту праворуч 4–7 с.

Розкид значень $t_{гр.}$ доводить, що на нього впливає багато різних факторів. Але найбільш вагомим з них, природно, є інтенсивність руху на головній дорозі. Дійсно, кожній інтенсивності на головній дорозі відповідає певна кількість транспортних засобів на другорядній дорозі, які можуть з певною ймовірністю перетнути головну дорогу за час $t \geq t_{гр.}$. У зв'язку з цим пропускна здатність нерегульованих перехресть розглядається у вигляді співвідношення інтенсивностей руху на дорогах, що перетинаються.

В умовах вільного руху на головній дорозі ймовірність появи інтервалів $t \geq t_{гр.}$ в транспортному потоці на головній дорозі дорівнює:

$$P(t_{гр.}) = e^{-N_r t_{гр.}}, \quad (2.52)$$

де N_r – інтенсивність руху на головній дорозі, од/с.

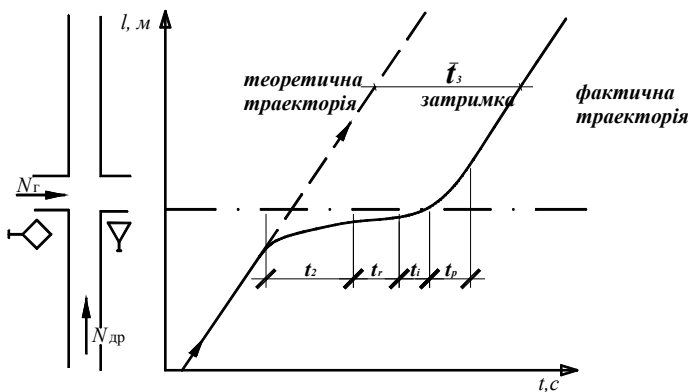


Рис. 2.50. Транспортні втрати на другорядній дорозі

Кожний транспортний засіб на другорядній дорозі втрачає час на гальмування t_r , перебування в черзі t_i ; очікування прийнятного інтервалу t_i , розгін t_p .

Сума перерахованих складових і становить середню транспортну затримку одного автомобіля на другорядній дорозі:

$$t_{сер.} = t_2 + t_r + t_i + t_p, \text{ с.} \quad (2.53)$$

Складові, пов'язані з гальмуванням і розгоном на практиці набагато менші за t_q і t_i , і тому в розрахунках звичайно не фігурують.

Середня затримка може бути розрахована за формулою

$$t_{сер} = \frac{e^{N_{20л}t_{2р}} - N_{20л}t_{2р} - 1}{N_{20л} - N_{др}(e^{N_{20л}t_{2р}} - N_{20л}t_{2р} - 1)}, \text{ с}, \quad (2.54)$$

де $N_{др}$ – інтенсивність на другорядній дорозі, авт./с.

Для будь-якого перехрестя транспортна затримка може бути описана або середньою затримкою одного транспортного засобу, $t_{сер.}$, або сумарною величиною затримки транспортних засобів одного напрямку на перехресті T_j .

Середня затримка одного транспортного засобу та сумарна величина затримки транспортних засобів одного напрямку на перехресті пов'язані співвідношеннями:

$$T_j = N_j t_{сер}, \text{ с}, \quad (2.55)$$

де j – напрямок руху.

Сумарна транспортна затримка на перехресті

$$T = \sum_{j=1}^n T_j = \sum_{j=1}^n N_j t_{сер}. \quad (2.56)$$

На перехрестях в одному рівні перевага в русі надається потоку по головній дорозі. Внаслідок цього транспортні потоки другорядного напрямку, а також лівоповоротний потік з головної дороги, втрачають час, утворюються черги, величина яких тим більша, чим більша інтенсивність руху. Крім цього, перехрестя впливає і на потік по головній дорозі: зниження швидкості руху правоповоротного потоку при відсутності перехідно-швидкісних смуг примушує знижувати швидкість і автомобілів прямого потоку. Величина зниження швидкості тим більша, чим більша інтенсивність руху на другорядній дорозі (рис. 2.51).

Планувальні параметри перехрестя також впливають на режим руху по головній дорозі, і не тільки на самому перехресті, а і на підходах до нього. Цей вплив тим більший, чим більше завантаження перехрестя, тобто при роботі його в режимі пропускної здатності (рис. 2.52).

Зниження швидкості руху і виникнення черг тягнуть за собою виникнення транспортних втрат на обох дорогах. Ці втрати складаються з втрат часу транспортними засобами на другорядній

дорозі внаслідок очікування можливості проїзду, та втрат часу, пов'язаних із збільшенням транспортної роботи внаслідок зниження швидкості руху на обох дорогах.

Кількість автомобілів у черзі, тривалість її існування і транспортні втрати, що виникають при цьому, визначаються розрахунком, методика якого складена з використанням основних положень теорії транспортного потоку – нерівномірності розподілу автомобілів в потоці і зміні щільності потоку на обох дорогах залежно від дорожніх умов. Розрахунок побудовано на послідовному визначенні вірогідності утворення черги з 0, 1, 2, ..., k автомобілів при різних співвідношеннях інтенсивностей руху у транспортних потоках по головній та другорядній дорозі. При цьому використовується метод приведення потоків другорядних напрямків до розрахункового.

Розрахунки та спостереження показують, що черги утворюються вже при сумарній інтенсивності руху 100 авт./год, а при інтенсивності $N = 400$ авт./год черги з 10 і більше автомобілів спостерігаються в 30% часу і більше.

Втрати часу на очікування можливості проїзду перехрестя визначаються за формулою

$$t_w = \sum_{n=1}^{\infty} n p_n, \quad (2.57)$$

де t_w – втрати часу на очікування,

n – кількість автомобілів в черзі,

p_n – вірогідність утворення черги з n автомобілів.

Втрати часу внаслідок зниження швидкості руху визначаються наступним чином.

Шлях, який проходить автомобіль з моменту початку гальмування до зупинки

$$S = \frac{V^2}{2a_r}, \quad (2.58)$$

де V – швидкість руху на початку гальмування, м/с,

a_r – середнє прискорення уповільнення, м/с².

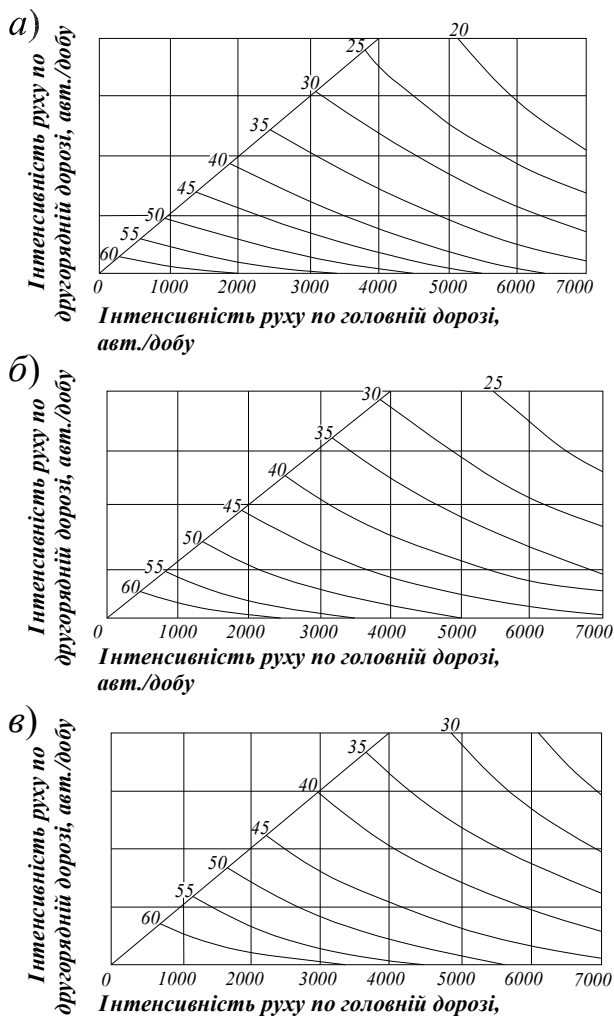


Рис. 2.51. Середня швидкість руху автомобілів по головній дорозі залежно від планування перехрестя та інтенсивності потоків, які перетинаються: а – необладнані перетини, б – з каналізованим рухом на другорядній дорозі; в – повністю каналізовані перехрестя

Цифри на кривих відповідають швидкості руху, км/год

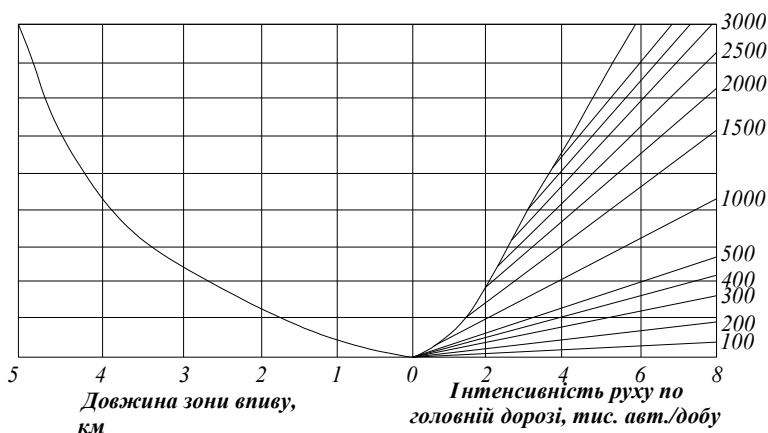


Рис. 2.52. Довжина зони впливу перехрестя в одному рівні на режим руху по головній дорозі. Цифри на кривих відповідають інтенсивності руху по другорядній дорозі, авт./добу

Шлях, потрібний для розгону

$$S_p = \frac{V_{гол.}^2}{2a_p}, \quad (2.59)$$

де $v_{гол}$ – середня швидкість руху по головній дорозі, м/с,

a_p – середнє прискорення розгону, м/с².

Тоді загальний шлях, який проходить автомобіль з початку гальмування до досягнення швидкості руху по головній дорозі

$$S_I = \frac{V^2}{2a_r} + \frac{V_{гол}^2}{2a_p}, \text{ м.} \quad (2.60)$$

Час, необхідний для цього:

$$t_1 = \frac{V}{a_r} + \frac{V_{гол}}{a_p}, \text{ с.} \quad (2.61)$$

При створення ідеальних умов руху при виїзді на перехрестя відпадає необхідність у гальмуванні, тому шлях S автомобіль пройде за час

$$t_2 = \frac{1}{V_1} \frac{V_1^2}{2a_r} + \frac{V_{гол} - V_1}{a_r} = \frac{V_1}{2a_r} + \frac{V_{гол}}{a_r}, \text{ с.} \quad (2.62)$$

Втрата часу кожним автомобілем, що повертає з другорядної дороги, за рахунок зниження швидкості руху визначиться як різниця:

$$t_{v1} = t_1 - t_2 = \frac{V_1}{a_r} + \frac{V_1}{a_p}, \text{ с.} \quad (2.63)$$

Втрата часу усім транспортним потоком на другорядній дорозі в наслідок пригальмовування визначається

$$T_{v1} = N t_{v1}, \frac{\text{авт} \cdot \text{год}}{\text{год}}. \quad (2.64)$$

При великій інтенсивності руху на обох дорогах величина T_v складає лише незначну частку від усіх втрат часу транспортним потоком другорядної дороги на перехресті в одному рівні. Найбільше водії витрачають час на очікування достатнього інтервалу в транспортному потоці на головній дорозі.

Сумарні втрати часу на перехресті

Сумарні втрати часу (на головній та другорядній дорозі) наведені на рис. 2.53.

Для визначення річних втрат використовується формула

$$T_w = t_w \frac{25}{K_t K_r}, \frac{\text{авт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}, \quad (2.65)$$

де t_w – транспортні втрати за 1 год (визначаються за номограмами рис. 2.53),

K_t – коефіцієнт годинної нерівномірності руху для години-«пік», приймається для перехресть, що проектується = 0,1, для існуючих – за спостереженнями;

K_r – коефіцієнт річної нерівномірності руху.

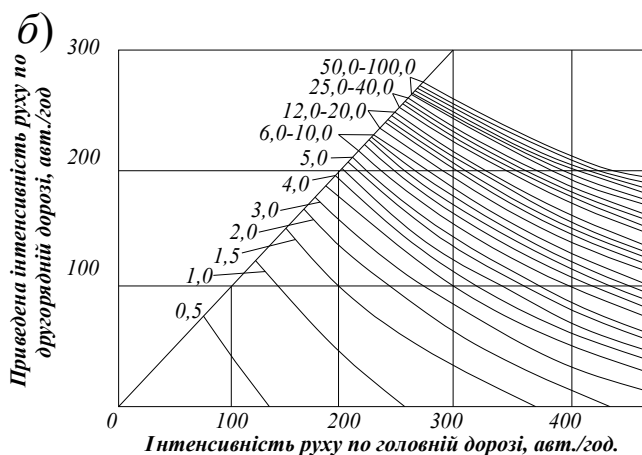
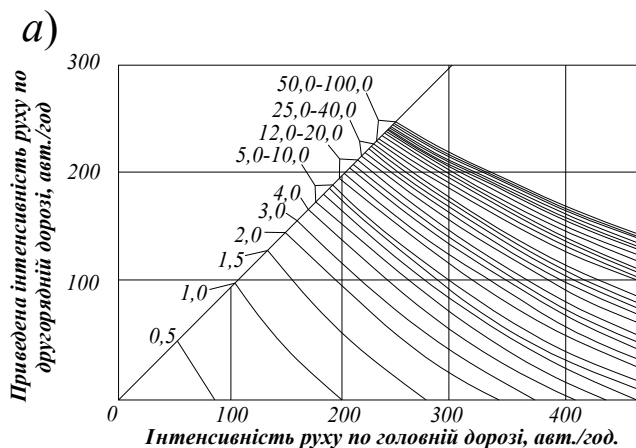


Рис. 2.53. Сумарні транспортні втрати на перехрестях в одному перерізі на обох дорогах, що перетинаються в одному рівні:

а – необладнані перехрестя; б – каналізовані. Цифри на кривих – втрати часу, авт-год/год

У зв'язку з тим, що величина транспортних втрат залежить від планувальних параметрів перехрестя, співставленням цих втрат із вартістю будівництва або облаштування перехрестя, можна визначити границі застосування окремих типів планувальних рішень.

Питання для самоконтролю

1. Як впливає перехрестя на швидкість руху по головній та другорядній дорозі?
2. Що називають прийнятним інтервалом та від чого він залежить?
3. З чого складається середня транспортна затримка одного автомобіля на другорядній дорозі?
4. Як визначити сумарну транспортну затримку на перетинанні або примиканні?
5. Як визначаються річні втрати часу на перетинанні або примиканні?

Розділ 3. Транспортні розв'язки в різних рівнях

3.1. Загальні положення щодо влаштування розв'язок в різних рівнях

3.1.1. Класифікація розв'язок в різних рівнях

Перехрестя в одному рівні – найпростіші та найпоширеніші дорожні вузли. Влаштування таких перетинів не вимагає великих капіталовкладень; спосіб регулювання черговості проїзду таких перетинів залежить від категорій доріг та інтенсивностей транспортних потоків.

Із збільшенням швидкостей руху та зростанням інтенсивностей транспортних потоків перехрестя в одному рівні перестають задовольняти вимогам безпеки, пропускну здатності та зручності руху, саме тому сучасні високошвидкісні дороги вимагають влаштування дорожніх вузлів в різних рівнях.

Необхідність будівництва транспортних розв'язок у різних рівнях (двох, трьох і більше) визначається вимогами безпеки та зручності руху, в першу чергу, на високошвидкісних магістралях з інтенсивним рухом.

Класифікація розв'язок наведена у таблиці 1.1 і визначається категоріями доріг, що перетинаються.

У зв'язку із великою площею, необхідною для влаштування розв'язок із забезпеченням нормативів щодо їхніх планувальних параметрів, розв'язки доріг рекомендується розташовувати на вільних від забудови територіях.

За ступенем технічного вдосконалення та забезпечення безпеки руху транспортні розв'язки поділяються на:

- **повні**, на яких відсутні точки перехрещення потоків руху в одному рівні;
- **неповні**, на яких є точки перехрещення потоків руху в одному рівні на другорядних дорогах та ті, на яких є точки перехрещення потоків руху в одному рівні на головних дорогах.

Так само, як і на перетинаннях в одному рівні, на транспортних розв'язках найбільшу складність представляє організація лівого повороту. Саме вид лівоповоротного з'їзду і визначає геометричну схему транспортної розв'язки.

За конструкцією (конфігурацією лівоповоротних з'їздів) транспортні розв'язки поділяються на (рис. 3.1):

- розв'язки з паралельним розташуванням правоповоротних та лівоповоротних з'їздів (прямі або напівпрямі лівоповоротні з'їзди);
- ті, що мають у своїй основі елементи листа конюшини;
- ті, що мають у своїй основі елементи кола;
- інші види, зокрема комбіновані.

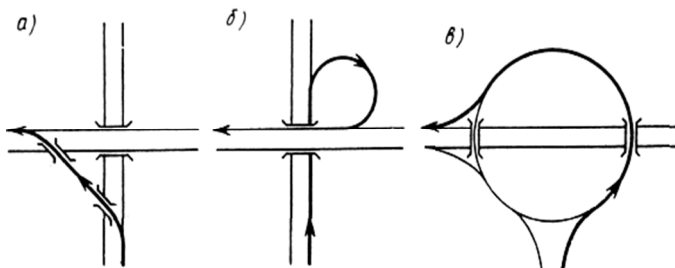


Рис. 3.1. Способи здійснення лівого повороту на транспортних розв'язках: а – поворотом ліворуч; б – поворотом праворуч; в – поворотом праворуч і ліворуч (кільцева розв'язка)

У багатьох випадках задля збільшення радіусу лівого повороту, зменшення площі під розв'язкою та вирішення деяких інших питань влаштовують єдиний виїзд для здійснення правого та лівого поворотів (рис. 3.2).

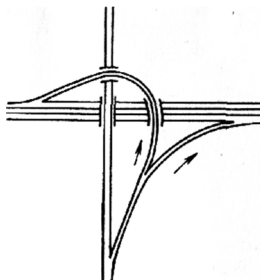


Рис. 3.2. Єдиний виїзд для здійснення правого та лівого поворотів

У практиці проектування в Україні найбільшого поширення набули транспортні розв'язки по типу «лист конюшини» та їхні різновиди для чотирьох сторонніх перетинань і по типу «труба» для трьохсторонніх примикань. До переваг таких видів розв'язок відносяться порівняно невисока вартість (вони вимагають будівництва одного шляхопроводу) і хороші умови руху на правих поворотах. Однак ці транспортні розв'язки займають велику

площу. Крім того, рух автомобілів на лівих поворотах пов'язаний із перепробігом і малою швидкістю внаслідок малого радіусу з'їзду.

Кільцеві перетинання автомобільних доріг дозволяють поліпшити умови лівоповоротного руху, оскільки швидкість руху збільшується порівняно з транспортною розв'язкою «повний лист конюшини». Проте недоліком кільцевих перетинів є їхня висока вартість у зв'язку з необхідністю влаштування п'яти шляхопроводів, а також велика площа займаних земель.

При наявності на транспортній розв'язці одного або декількох потужних лівоповоротних потоків, для скорочення шляху автомобілів або виключення перепробігу застосовуються схеми транспортних розв'язок з напівпрямими або прямими поворотними з'єднувальними з'їздами.

Багатоярусні перетинання (часто трьох- або чотирьох ярусні) і примикання відрізняються хорошими умовами руху на лівих поворотах. Істотним недоліком є їхня висока вартість будівництва.

3.1.2. Завдання, які вирішуються при проектуванні розв'язок в різних рівнях

Незважаючи на певну спільність завдань, що вирішуються при проектуванні дорожніх вузлів в одному та в різних рівнях, проектування розв'язок має ряд специфічних особливостей. Так, наприклад, якщо автомобільна дорога є лінійною спорудою, то розв'язки розміщуються на площі, розмір якої може сягати 50 га і більше. Різноманіття схем розв'язок, варіантний вибір планувальних і конструктивних рішень з урахуванням місцевих умов і просторової геометрії доріг, що перетинаються, певних обмежень до елементів плану та поздовжнього профілю призводять до необхідності вирішення завдань, що не є характерним для проектування автомобільної дороги як такої.

В останні роки набули великого розвитку як в Україні, так і за кордоном, технологія і методи автоматизованого проектування розв'язок в різних рівнях. Цьому сприяло, з одного боку, впровадження обчислювальної техніки в практику проектування і, з іншого, вивчення режимів руху автомобілів на існуючих транспортних розв'язках, що дозволяє встановлювати особливості функціонування складних ділянок розв'язок і робити висновки в частині необхідності зміни тих чи інших параметрів і навіть принципів вирішення окремих завдань.

Незважаючи на численні виконані за минулі півстоліття дослідження з питань підвищення надійності функціонування елементів розв'язок, інженерні розрахунки при сформованій традиційній технології проектування виконуються відокремленими, без просторової ув'язки елементів і контролю за проявом фізичних показників руху, які багато в чому визначають рівні зручності та безпеки руху і пропускну здатність перетинань і примикань.

Загальна картина розв'язок в різних рівнях в їх просторовому втіленні набагато складніша схематизованих уявлень елементів в окремих перерізах. Математичний опис взаємодії геометрії з'єднувальних рамп з ділянками автомагістралей, що перетинаються, в тривимірному просторі з одночасним контролем за зміною фізичних параметрів руху (поздовжні швидкості руху і прискорення, ступінь зміни відцентрового прискорення з постійною і змінною швидкістю, зміна кутової швидкості повороту автомобіля навколо поздовжньої осі при русі на віражі тощо) призводить до необхідності комплексного проектування, практична реалізація якого можлива лише при використанні сучасної комп'ютерної техніки.

Проектування розв'язок в різних рівнях є надзвичайно трудомістким комплексним процесом (розробка одного проекту перетинання займає до 5 місяців), що в рамках традиційної технології практично виключає варіантний пошук оптимального рішення. У зв'язку з цим використання комп'ютерної техніки в розрахунках доцільно на всіх стадіях проектування. Застосування комп'ютерів при проектуванні розв'язок забезпечує економічний ефект, який полягає у наступному:

1. Скорочення термінів, трудомісткості і вартості проектування

Використання сучасних програм комп'ютерного моделювання та проектування дозволяє автоматизувати трудомісткі процеси розрахунку елементів транспортних розв'язок при вирішенні їх у комплексній постановці: підрахунок обсягів робіт, транспортно-експлуатаційних витрат, а також розрахунки, які виконуються при техніко-економічному порівнянні варіантів планувальних і конструктивних рішень; автоматизація процесу отримання проектно-кошторисної документації у вигляді готових креслень, таблиць, кошторисів тощо.

2. Зниження кошторисної вартості будівництва розв'язок на 10% і більше

Розв'язки в різних рівнях досить вартісні споруди, і питання можливого зниження їх будівельної вартості є досить актуальним. Можливість опрацювання при автоматизованому проектуванні в стислі терміни великої кількості варіантів планувальних і конструктивних рішень дозволяє обрати найкращі за критерієм вартості будівництва.

3. Підвищення якості проектних рішень

Аналіз в режимі діалогу з комп'ютером варіантів вирішення розв'язок руху дозволяє вибирати рішення, що забезпечують необхідну пропускну здатність перетину, найкращі рівні зручності та безпеки руху, мінімальні транспортно-експлуатаційні витрати тощо.

4. Виключення помилок при проектуванні

В ході ескізного опрацювання розв'язок на ранніх стадіях проектування в разі використання традиційної технології (без просторової ув'язки елементів і контролю фізичних параметрів руху) нерідко допускаються грубі прорахунки, які потребують на наступних стадіях детального проектування вимушеної зміни принципових рішень планування перетину і не передбаченого раніше збільшення кошторисної вартості будівництва.

Застосування комп'ютерної техніки для проектування транспортних розв'язок не може йти шляхом формального запозичення методів традиційної технології. Перш за все, це відноситься до сполучення елементів в плані і поздовжньому профілі, до використання різних типів перехідних кривих, до подання рельєфу й геологічної будови місцевості у вигляді цифрових і математичних моделей, до розрахунку кромek проїзної частини, паралельних і непаралельних осі і розширень, до встановлення просторового положення елементів споруди тощо.

Всі розрахунки в комплексній постановці повинні бути взаємопов'язані.

Технологічна схема комплексного просторового проектування розв'язок на перетинах і примиканнях автомобільних доріг у різних рівнях із застосуванням комп'ютерної техніки наведена на рис. 3.3.

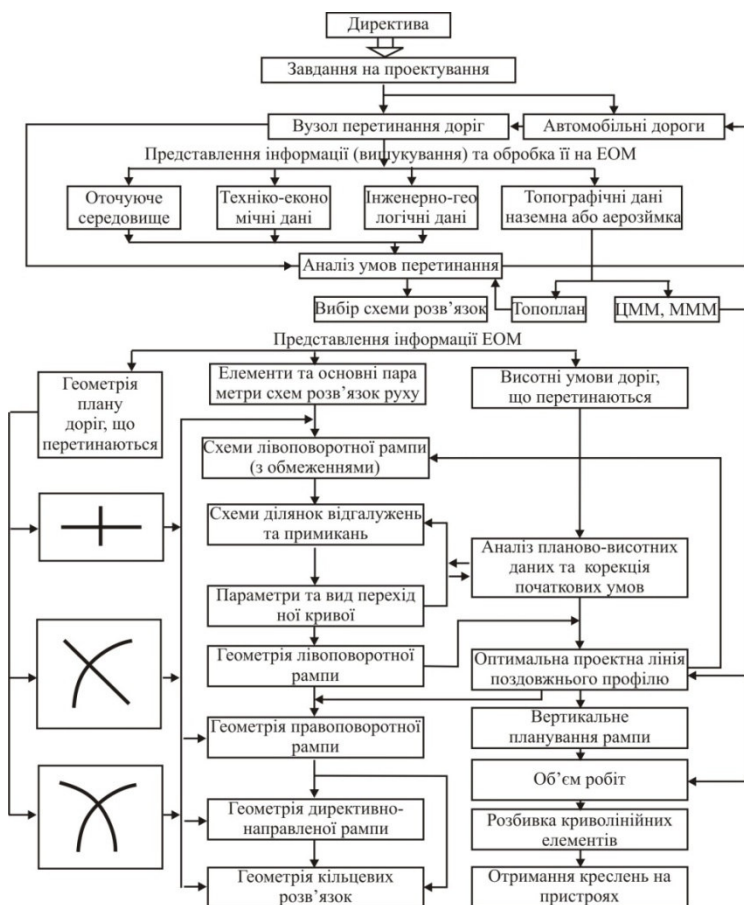


Рис. 3.3. Технологічна схема комплексного автоматизованого проектування розв'язок автомобільних доріг у різних рівнях

Відповідно до технологічної послідовності комплексного проектування перетинань і примикань автомобільних доріг у різних рівнях послідовно або одночасно вирішуються такі основні групи завдань:

- сполучення геометричних елементів плану в осях і кромках проїзних частин;
- встановлення проектної лінії поздовжнього профілю по з'єднувальних рампах;
- вирішення вертикального планування;

- обчислення обсягів земляних, укріплювальних робіт, робіт з будівництва дорожнього одягу та штучних споруд;
- визначення кошторисної вартості будівництва;
- визначення транспортно-експлуатаційних витрат і приведених витрат по варіантах розв'язок;
- графічне, табличне та текстове оформлення проектного матеріалу.

3.1.3. Аналіз умов руху на розв'язках різних видів

Різноманіття схем транспортних розв'язок дає проектувальнику широке поле для вибору найбільш вдалого рішення залежно від конкретних умов. Для вибору найбільш раціональної схеми потрібно знати переваги та недоліки кожного виду транспортних розв'язок. При цьому передбачається надання більш потужним транспортним потокам кращих умов, що полягає у більшій плавності поздовжнього профілю та плану, забезпеченні кращої оглядовості та видимості, гарантуванні безпеки руху з більшою швидкістю руху, в першу чергу, відсутністю точок перетину потоків. Розв'язки різних видів відрізняються одна від одної саме за такими критеріями.

Конструктивне розв'язки в двох рівнях складаються з таких елементів:

- смуги для транзитного руху,
- правоповоротні та лівоповоротні з'їзди,
- перехідно-швидкісні смуги (смуги гальмування та розгону).

Зручність та безпеку руху також визначає оптимальна пропускна здатність елемента, відсутність або наявність зустрічного руху на з'їздах, взаємний вплив автомобілів на ділянках перевлаштування. Відповідно, при інтенсивних поворотних потоках ділянки з'їздів можуть мати декілька смуг (дві, три і більше); рух на з'їздах може бути двостороннім (в таких випадках не виключені зустрічні зіткнення – найбільш небезпечний вид ДТП). На зручність руху також впливає звивистість ділянок з'їздів – так звані зворотні криві на коротких дистанціях негативно позначаються на зручності керування автомобілем так само, як і тривалий рух по кривій незмінного радіуса.

Важливе значення має, з якого боку відбувається злиття основного та поворотного потоків: більш природне, звичне для водіїв примикання додаткових смуг з правого боку. Злиття потоків

зліва дещо порушує звичні стереотипи, що негативно позначається на комфортності та безпеці руху.

Розглянемо детальніше деякі види розв'язок

Схеми розв'язок за типом «лист конюшини» застосовуються на перехрещеннях доріг вищих категорій між собою та автомагістралей з дорогами нижчих категорій. При однаковості умов рельєфу місцевості головної і другорядної доріг рекомендується другорядну дорогу пропускати у другому рівні (зменшуються витрати на влаштування шляхопроводу).

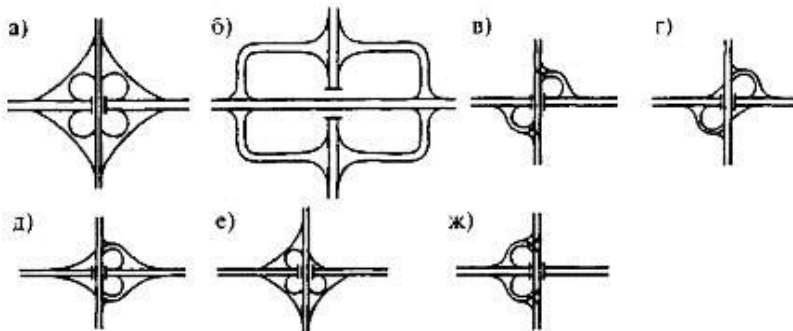


Рис. 3.4. Схеми розв'язок на основі листа конюшини: а – повний лист конюшини (класична схема); б – стиснений лист конюшини; в, г, д, е, ж – неповний лист конюшини

Переваги цього виду розв'язок:

1. Відсутнє змішування лівоповоротного руху з правоповоротним.
2. Всі поворотні потоки вливаються в основні лише з правого боку.
3. Забезпечення високої швидкості руху на правоповоротних з'їздах, тому що є можливість проектування цих з'їздів з використанням великих радіусів при незначних поздовжніх ухилах.
4. Зменшена будівельна вартість у зв'язку із використанням лише одного шляхопроводу.

Недоліки:

1. Велика земельна площа під розв'язкою (тим більша, чим більша швидкість; при зростанні розрахункової швидкості від 40 км/год до 60 км/год необхідна площа зростає в 5-6 разів);
2. Значний перепробіг для лівоповоротних потоків; причому, рух, як правило, здійснюється із досить малою швидкістю.

3. Ускладнення в орієнтуванні водіїв пов'язане з тим, що рух ліворуч здійснюється поворотом праворуч.

4. Наявність вузьких місць, так званих, «горловин» – ділянок переплетення потоків, що рухаються з лівоповоротного з'їзду, та тих, що направляються на суміжний лівоповоротний з'їзд. Таких ділянок на розв'язці «лист конюшини» – 4, вони призводять до зниження пропускної здатності лівоповоротних з'їздів та підвищення ймовірності ДТП.

Для «*листа конюшини*» з чотирма двома смуговими з'їздами додаються ще й такі недоліки:

1. небезпека зустрічних зіткнень під час руху по з'їздах.

2. Рух лівоповоротних потоків здійснюється по кривих з дуже малим радіусом під гострим кутом, що вимагає суттєвого зниження швидкості руху.

3. Ускладнення конструкції ТР в зв'язку з тим, що лівоповоротні та правоповоротні потоки в місцях з'єднання з'їздів з дорогою, розташованою у верхньому рівні, проходять по проїзних частинах з різними висотними відмітками.

На *розв'язках стисненого типу* лівоповоротний рух здійснюється по петлеподібному з'їзду. Стиснений лівоповоротний з'їзд є поєднанням прямої вставки, що сполучається з двома кривими радіусами R і r , і кутами повороту 90° і 180° .

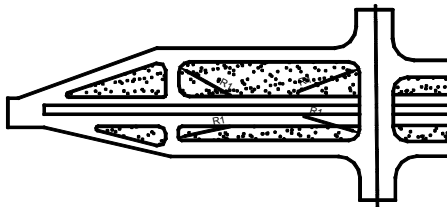


Рис. 3.5. Схема планування розв'язки «стиснений лист конюшини»

Зручність і безпека руху на перетині стисненого типу, займана площа, планування з'їздів і всієї розв'язки найбільшою мірою залежать від параметрів криволінійної ділянки з'їзду з радіусом r і кутом повороту 180° . Найменші значення радіусів, при яких ще зберігаються достатньо комфортбельні умови руху, залежить від початкової швидкості:

Таблиця 3.1

Залежність радіусу від швидкості на початку розвороту

Швидкість на початку розвороту, км/год	15	20	30	40	50
Радіус, м	10	12	15	20	30

Ширина проїзної частини в межах кривої, виходячи із забезпечення безпечного проїзду автопоїздів, повинна бути не менше 7 м.

Рух по ділянці з'їзду радіусом r носить сповільнений характер. Негативне прискорення, яке залежить від початкової швидкості руху, складає 1 м/с^2 при швидкості 30 км/год і 2 м/с^2 при швидкості 50 км/год. Співвідношення між швидкостями руху на початку і в кінці розвороту, а також середні швидкості, які слід використовувати для техніко-економічних розрахунків при варіантному проектуванні розв'язок, мають наступні значення (табл. 3.2):

Таблиця 3.2

Співвідношення між швидкостями руху, які слід використовувати для техніко-економічних розрахунків розв'язок

Швидкість перед розворотом, км/год	15	20	30	10	50
В кінці розвороту, км/год	12	15	19	21	23
Середня швидкість руху, км/год	13	16	21	25	28

Оскільки рух по стисненому з'їзду здійснюється з швидкостями, істотно меншими розрахункових для доріг, що перетинаються, обов'язковим для таких розв'язок є влаштування перехідно-швидкісних смуг або виділення спеціальних смуг для злиття і розділення лівоповоротних потоків.

Враховуючи, що при широкому діапазоні зміни початкових швидкостей в кінці розвороту швидкості змінюються мало, при заданій ширині смуги відведення доцільно збільшувати радіус r_1 з'їзду при виїзді з основної проїзної частини за рахунок зменшення радіусу r_2 лівоповоротного з'їзду перед виїздом на основну проїзну частину.

Схеми *транспортних розв'язок, що мають у своїй основі елементи кільця*, застосовуються при перетинаннях доріг однакових категорій, вони можуть бути виконані трьома способами:

1. Правоповоротні з'їзди дотичні до кільця. Такі розв'язки мають 4 точки перехрещення – у точках дотику правоповоротних з'їздів кола. На кільці змішуються лівоповоротні потоки з правими, на правоповоротних з'їздах – лівоповоротні потоки з правими. Лівоповоротні потоки до половини з'їду спочатку їдуть праворуч, а на кільці звертають ліворуч. Таким чином, кожен лівоповоротній потік зустрічає на своєму шляху дві точки перехрещення в одному рівні – що створює досить великі незручності для користувачів. (рис. 3.6,а);

2. Осі правоповоротних з'їздів дотичні до осі кільця. Розв'язки, побудовані за такою схемою, мають однаковий недолік з попереднім видом (рис. 3.6, б).

3. Правоповоротні з'їзди вливаються у кільце (рис. 3.6, в).

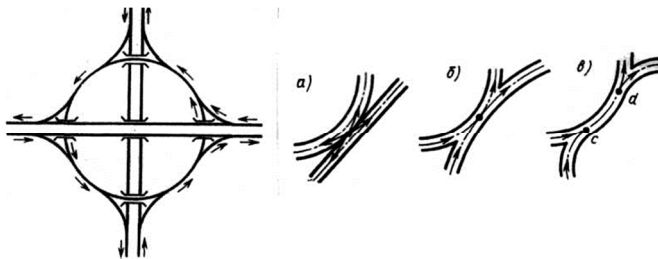


Рис. 3.6. Розподільче кільце з п'ятьма шляхопроводами та можливі примикання правоповоротних з'їздів до кільця: а – правоповоротні з'їзди дотичні до кільця; б – осі правоповоротних з'їздів торкаються осі кільця; в – правоповоротні з'їзди вливаються в кільце

Переваги розв'язок у вигляді кільця:

- відсутні точки перехрещення в одному рівні;
- проста конфігурація, легко орієнтуватися водіям.

Недоліки розв'язок у вигляді кільця:

- на колі змішуються не лише лівоповоротні потоки з правоповоротними, а й лівоповоротні потоки з правоповоротними. Така схема дещо краща для лівоповоротних потоків, проте для правоповоротних створює значні ускладнення;
- наявні зворотні криві досить малого радіуса;
- великі перепробіги лівоповоротних автомобілів;
- поздовжній профіль такої розв'язки дуже складний, оскільки кільце по чергову проходить то над однією, то під другою магістраллю, таким чином, по всій довжині кільця – безперервне чергування підйомів та спусків, що вимагає великої площі для

влаштування розв'язки при дотриманні нормативів щодо призначення поздовжніх ухилів. Особливо такі розв'язки небажані при перетинанні доріг під гострими кутами,

– потребують влаштування п'яти шляхопроводів, що суттєво збільшує вартість будівництва.

Розподільче кільце з двома шляхопроводами застосовується для перетинання (рис. 3.7) автомагістралі з другорядними дорогами, причому дорога вищої категорії прокладається по прямій, другорядна – по кільцю.

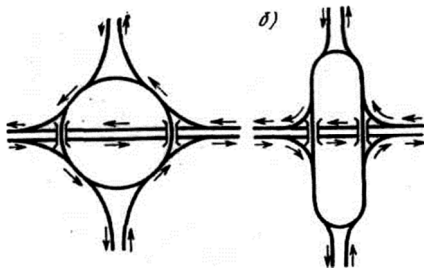


Рис. 3.7. Розподільче кільце з двома шляхопроводами

Така розв'язка, як і розподільче кільце з п'ятьма шляхопроводами, може мати правоповоротні з'їзди, дотичні до кільця, осі правоповоротних з'їздів можуть бути дотичні до осі кільця, а також правоповоротні з'їзди можуть вливатися у кільце. Проте змішування відбуватиметься не тільки повертаючих потоків між собою, змішуватися будуть повертаючі потоки з основним потоком другорядної дороги.

Недоліком такої розв'язки є те, що основний потік другорядної дороги іде по колу, що призводить до великих перепробігів. Для зменшення перепробігів коло витягують вздовж другорядної дороги.

Проте перевага такої схеми розв'язки, порівняно з попередньою схемою, у тім, що потрібно лише два шляхопроводи, відповідно, будівельна вартість розв'язки менша.

Розв'язки з паралельним розташуванням правоповоротних та лівоповоротних з'їздів

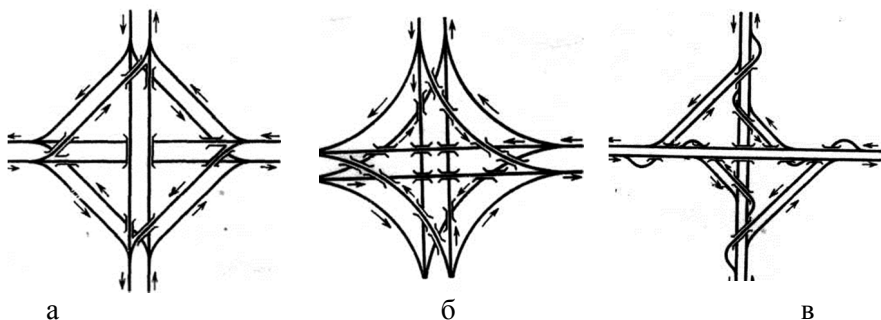


Рис. 3.8. Розв'язки з паралельним розташуванням правоповоротних та лівоповоротних з'їздів: а – у вигляді ромба, б – у вигляді криволінійного прямокутника, в – Н-подібного типу

На розв'язках у вигляді ромба обидва напрямки доріг проводяться паралельно в різних рівнях, причому лівоповоротні потоки мають можливість звертати безпосередньо ліворуч. Радіуси поворотів відносно невеликі. Така розв'язка має 9 шляхопроводів.

Переваги таких розв'язок:

- кожний потік, що повертає, має свій власний з'їзд, відсутнє змішування потоків;
- розв'язка проста за конфігурацією і легка для орієнтації водіїв;
- забезпечує найменші транспортні витрати.

Недоліки таких розв'язок:

- приєднання лівоповоротних з'їздів до основних потоків не з правого, а з лівого боків,
- складність конструкції;
- велика вартість.

На *розв'язках у вигляді криволінійного чотирикутника* окремі напрямки доріг проводяться паралельно в різних рівнях, проте на відміну від ромбоподібного типу мають у своїй основі криві великого радіусу, що дозволяє забезпечити значно більшу швидкість (розрахункову відповідно до категорії доріг). Така розв'язка вимагає влаштування 16 шляхопроводів, 12 з яких – навіскоси. Переваги та недоліки такого виду розв'язки ті ж самі, що ромбоподібного, але більш вартісні.

Розв'язки Н-подібного типу забезпечують найменші транспортні витрати, тому що кожен лівоповоротний з'їзд перетинає обидві магістралі і розташовується паралельно відповідному правоповоротному з'їзду. Така схема передбачає влаштування 9 шляхопроводів.

Кожен потік, що повертає, має свій власний з'їзд; лівоповоротний рух здійснюється шляхом повороту ліворуч і праворуч (зворотними кривими).

Переваги такого виду розв'язок:

- відсутнє змішування ліво- та правоповоротних потоків;
- під'єднання лівоповоротних з'їздів відбувається з правого боку;
- зручні для орієнтування водіїв.

Недоліки такого виду розв'язок:

- короткі зворотні криві малого радіуса на лівоповоротних з'їздах;
- велика вартість.

Примикання та розгалуження автомобільних доріг у двох рівнях

Примикання та розгалуження, що мають в основі елементи листа конюшини

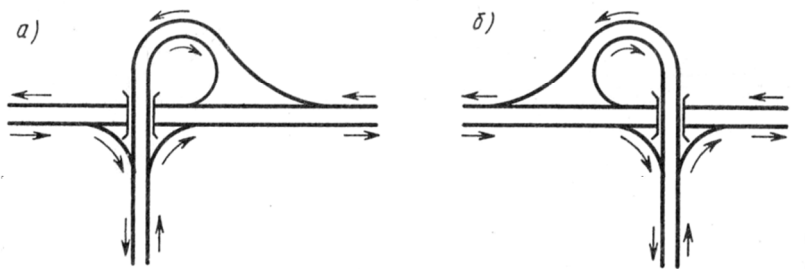


Рис. 3.9. Розв'язки на примиканнях доріг за типом труби:

- а – з розташуванням лівоповоротних з'їздів праворуч від шляхопроводу,
б – те саме, ліворуч від шляхопроводу

Розв'язка за типом труби має у своїй основі елементи повного листа конюшини. Кожен потік, що повертає, має свій власний з'їзд, лівоповоротні з'їзди на значній протяжності мають загальне земляне полотно, тому рух по них здійснюється в дві сторони. Ліві з'їзди можуть бути розташовані як справа, так і зліва від шляхопроводу. Вибір схеми залежить від інтенсивності лівоповоротних потоків (один з них має рухатися по кривих із

зворотними радіусами – так проектують з'їзд для потоку з меншою інтенсивністю. Якщо транспортний потік з головної дороги на другорядну більш інтенсивний, застосовується схема *а*, якщо навпаки – схема *б*.

Листоподібний тип (рис. 3.10) має в своїй основі половину листа конюшини. Кожен потік, що повертає, має свій власний з'їзд. Всі в'їзди відбуваються з правого боку. Змішування окремих потоків, що повертають, немає. Основний змішується з лівими.

Така схема не викликає у водіїв ускладнень при русі. Рух безпечніший, оскільки на з'їздах зустрічний рух відсутній. Обидва лівих потоки виконують штурмовий рух. Щоправда така розв'язка займає дещо більшу площу, ніж розв'язка за типом труби

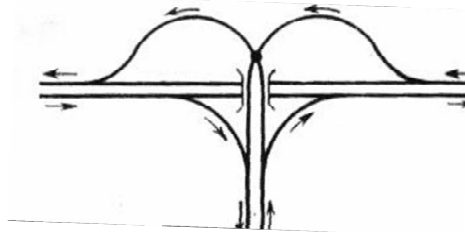


Рис. 3.10. Розв'язки на примиканнях доріг за листоподібним типом

Розв'язки на примиканнях доріг, які мають у своїй основі неповний лист конюшини

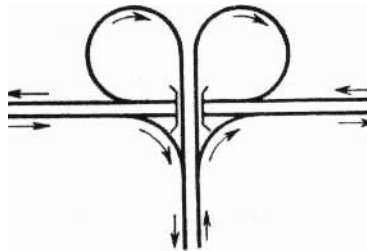


Рис. 3.11. Розв'язка на примиканнях доріг за типом половини неповного листа конюшини

Переваги такої схеми розв'язки такі ж, що й попереднього виду. Проте усунене рух по кривих зі зворотними радіусами. Недоліком є одна точка перехрещення (один потік піднімається на шляхопровід, другий – спускається з нього).

Примикання та розгалуження, що мають в основі елементи кільця.

Розв'язки (рис. 3.12, а, б), мають два шляхопроводи, кожний лівий потік рухається своїм власним з'їздом; на кільці лівоповоротні потоки змішуються між собою. Розв'язка дуже проста для орієнтування водіїв.

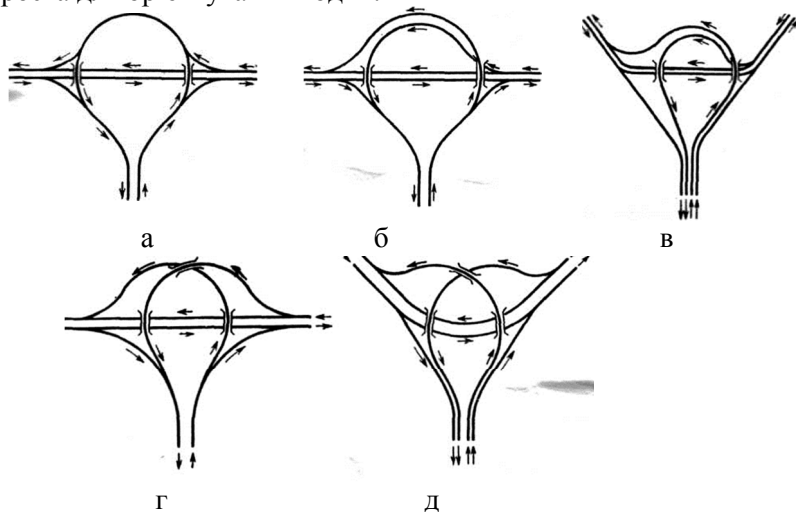


Рис. 3.12. Примикання (а, г, д) та розгалуження (б, в), що мають у своїй основі елементи кільця

Розв'язки грушоподібного типу (рис. 3.12, в, г) мають в своїй основі елементи турбінного перехрещення. На таких розв'язках відсутні змішування лівоповоротних потоків між собою (всі ліві з'їзди окремі). Всі з'їзди вливаються в основну дорогу з правого боку. Лівоповоротний з'їзд примикає до правоповоротного з лівої сторони. Розв'язка дуже проста для орієнтування водіїв.

Розв'язки грибоподібного типу (рис. 3.12, д) є покращеним варіантом примикання за типом половини неповного листа конюшини (точки перехрещення в одному рівні відсутні, оскільки застосовується шляхопровід в місці перехрещення лівоповоротних потоків). Всього потрібно 3 шляхопроводи, один з них – навіскісний. Змішування ліво- і правоповоротних потоків відсутнє (для кожного з них – свій власний з'їзд).

Примикання та розгалуження з паралельним розташуванням правоповоротних і лівоповоротних з'їздів

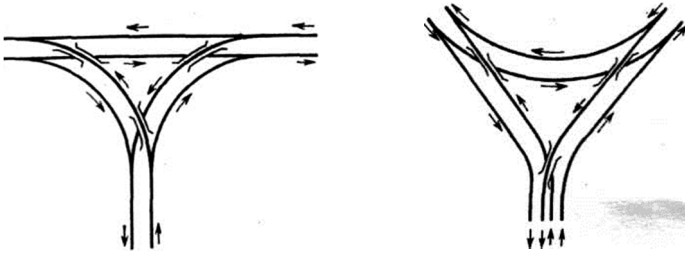


Рис. 3.13. Примикання (а) та розгалуження (б), з паралельним розташуванням правоповоротних і лівоповоротних з'їздів

Т-подібна схема примикання (рис. 3.13, а) близька за конструкцією до перехрещення за типом ромбу, має три навскісних шляхопроводи. Обидва транспортних потоки з напрямків кожної дороги в межах розв'язки рухаються в різних рівнях, тому лівоповоротні потоки звертають безпосередньо ліворуч. Відсутній двосторонній рух. Відсутнє змішування ліво- і правоповоротних потоків (для кожного з них – свій власний з'їзд).

Недолік – лівоповоротні з'їзди вливаються в основний потік з лівого боку.

Розгалуження за типом криволінійного трикутника з трьома шляхопроводами (рис. 8.13, б) має ті самі недоліки та переваги, що й Т- подібний тип примикання.

Лінійний тип примикання з одним шляхопроводом



Рис. 3.14. Лінійний тип примикання з одним шляхопроводом

Така схема розв'язки використовується при примиканні доріг під дуже гострим кутом. Транспортна розв'язка має один навскісний шляхопровід, один лівоповоротний і один правоповоротний з'їзди. Останній приєднується до дороги з правого боку. Лівоповоротний рух – лише в напрямку ВС, правоповоротний – в напрямку СВ. У напрямках АС та СА рух, як

правило, відсутній. Для пропуску напрямку АС необхідно побудувати додатковий з'їзд (на рис. 3.14 показано переривчастою лінією). Криві великого радіусу дозволяють рух з великими швидкостями.

Лінійний тип перехрещення з 6-ма шляхопроводами (всі шляхопроводи навскоси)

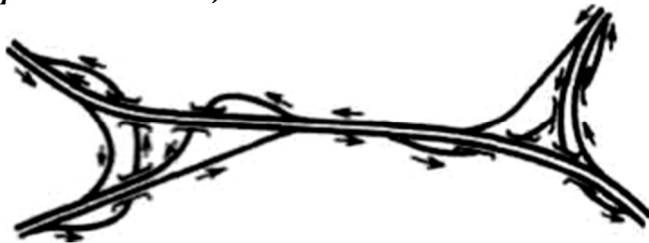


Рис. 3.15. Лінійний тип перехрещення з 6-ма шляхопроводами

Така схема застосовується при перехрещенні доріг під дуже гострим кутом. Фактично розв'язка являє собою поєднання двох вузлів розгалуження за типом трикутника.

Недоліком такої розв'язки є те, що основні потоки на обох дорогах в межах перехрещення рухаються по кривих, що ускладнює конструкцію та погіршує орієнтування для водіїв.

Практичне застосування розв'язок у двох рівнях не обмежується наведеними видами, так як залежно від умов місцевості, характеру розподілу транспортних потоків на перетинаннях та примиканнях в кожному випадку приймається окреме рішення, проте наведені у цьому розділі приклади дозволяють зорієнтуватися у різноманітті можливих варіантів і підібрати найбільш вдале рішення для кожної конкретної транспортної ситуації.

3.1.4. Оцінка безпеки транспортних розв'язок

Розподіл транспортних потоків в різних рівнях має на меті, зокрема, зниження аварійності. Проте повністю уникнути ймовірності ДТП неможливо. При проектуванні розв'язок у двох рівнях слід знати ймовірні «вузькі» місця, причини виникнення можливих конфліктів та методи їх усунення.

Переважають більшість ДТП виникають при необхідності зміни режиму руху та його напрямку. На розв'язках це ділянки розгалуження та злиття потоків (перевлаштування на перехідно-швидкісні смуги та з них – на основні смуги руху), ділянки з малим

радіусом (з'їзди, особливо лівоповоротні). На двосмугових з'їздах можливі зустрічні зіткнення; на неповних розв'язках – конфлікти в місцях перетинання транспортних потоків.

На рис. 3.16 наведено зосередження місць ДТП в межах лівоповоротного з'їзду транспортної розв'язки виду «лист конюшини».

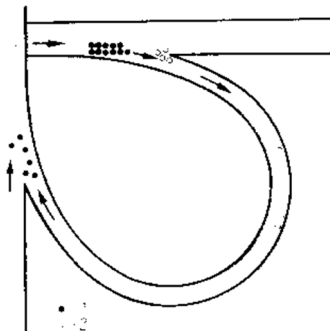


Рис. 3.16. Місця зосередження ДТП в межах лівоповоротного з'їзду «листа конюшини»: 1 – зіткнення; 2 – перекидання

Як видно з рис. 3.16, найбільш ймовірні ДТП на вхідній ділянці з'їзду. Тут відбуваються переважно попутні зіткнення та виїзд за межі проїзної частини з наїздом на бічні перешкоди. Причина таких ДТП криється у неправильних параметрах смуги гальмування та вхідної ділянки з'їзду, незабезпечених параметрах видимості на цій ділянці або недостатній пропускній здатності з'їзду. В деяких випадках спрацьовують два або відразу три названих недоліка проектування розв'язки.

В кінці перехідної кривої та на початку кругової кривої також можливі виїзди за межі проїзної частини або перекидання автомобілів. Причиною таких ДТП є недопустимо висока швидкість руху на кривих малого радіуса. Часто-густо водії не встигають адекватно зреагувати на зростання відцентрової сили тому, що довжина перехідної кривої або/та відгін віражу запроектовано неправильно.

На ділянці виїзду зі з'їзду можливі попутні зіткнення автомобілів, що залишають з'їзд, та зіткнення таких автомобілів з автомобілями основної смуги руху.

Причиною таких ДТП можуть бути недостатня пропускна здатність виїзду зі з'їзду, незабезпечена оглядовість та видимість.

При виїзді зі з'їзду водії в першу чергу відслідковують ситуацію на основній смузі руху, щоб скоректувати власний режим руху з режимом основного потоку. Тривалість оцінки інтервалів і швидкостей руху автомобілів на основній смузі сягає 1,5-1,7 с. Саме цим пояснюються наїзди на транспортні засоби, що рухаються попереду, адже водій заднього автомобіля за період оцінки інформації на основній смузі руху може наблизитися до переднього настільки близько, що зіткнення стає невідворотнім.

Ще одна з причин ДТП – недостатнє або неправильне інформування водіїв про умови та напрямки руху в межах розв'язки. Водії концентрують увагу на виборі потрібної траєкторії руху, шукають інформацію про подальші напрямки, внаслідок чого зменшується увага щодо інших учасників руху.

Будівництво перетинання в різних рівнях, наприклад, за типом повного «листа конюшини» відразу ж виключає 16 найбільш небезпечних конфліктних точок з 32 для простого перетинання в одному рівні (див. 2.5.1), різко знижуючи ймовірність виникнення аварійних ситуацій на перетинанні. Будівництво неповної транспортної розв'язки, що допускає перетин транспортних потоків в одному рівні на другорядних напрямках, залишає деякі конфліктні точки.

Загальна методика оцінки рівня безпеки на розв'язці аналогічна такій самій на перетинаннях в одному рівні.

У зв'язку із меншою вірогідністю конфліктів та застосування інших технічних рішень, ніж на перетинаннях в одному рівні, відносні аварійність окремих конфліктних точок відрізняється від таких на перетинаннях в одному рівні (табл. 3.3).

Для нових доріг обирають такий тип перетинання в різних рівнях і передбачають такі планувальні та конструктивні рішення його елементів, при яких значення коефіцієнта аварійності K_a буде меншим або дорівнювати 5, тобто кількість дорожньо-транспортних пригод на проєктованій дорожній розв'язці не повинно перевищувати п'ять на один мільйон автомобілів, що проїдуть розв'язкою впродовж року.

Таблиця 3.3

Відносна аварійність у конфліктних точках

Тип з'їзду	Напрямок руху	Характеристика з'їзду	Відносна аварійність	
			без ПШС	з ПШС
Лівоповоротні з'їзди перетинань типу «лист конюшини»		R=30-45 м. Перехідна крива*	$65 \cdot 10^{-5}$	$35 \cdot 10^{-5}$
		R=45-60 м. Перехідна крива*	$30 \cdot 10^{-5}$	$20 \cdot 10^{-5}$
		R більше 60 м. Перехідна крива*	$20 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$
		R=30-45 м. Перехідна крива	$90 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$
		R=45-60 м. Перехідна крива розрахована на постійну швидкість. З'їзд на спуску	$90 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$
		R більше 60 м. Перехідна крива ПЕРС***. З'їзд на спуску	$60 \cdot 10^{-5}$ **	$50 \cdot 10^{-5}$ **
Правоповоротні та напівпрямі лівоповоротні з'їзди		R=30-45 м. Перехідна крива*	$25 \cdot 10^{-5}$	$15 \cdot 10^{-5}$
		R=45-60 м. Перехідна крива*	$20 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$
		R=45-60 м. Перехідна крива розрахована на V_{const}	$50 \cdot 10^{-5}$	$30 \cdot 10^{-5}$
		R 60-120 м. Перехідна крива ПЕРС***.	$35 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
		R більше 120 м. Перехідна крива розрахована на V_{const}	$25 \cdot 10^{-5}$	$15 \cdot 10^{-5}$
Напівпрямі лівоповоротні з'їзди		Розділення двох другорядних повертаючих потоків в процесі руху по з'їзду	$20 \cdot 10^{-5}$	$15 \cdot 10^{-5}$
		Злиття двох другорядних повертаючих потоків в процесі руху по з'їзду	$15 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$

*При відсутності перехідної кривої відносна аварійність приймається в 1,5 рази більшою.

**Для з'їздів з R=45-60 м, розрахованих на постійну швидкість, але розташованих на підйомі, береться це ж значення відносної аварійності.

***ПЕРС – перехідна крива, розрахована на змінну швидкість руху.

3.1.5. Пропускна здатність розв'язок

Одним з найважливіших критеріїв, що визначають вибір того чи іншого типу перетину в різних рівнях, є пропускна здатність дорожньої розв'язки. Під пропускною здатністю перетину розуміють максимально можливу кількість автомобілів, що входить в транспортний вузол і виходить за його межі в усіх напрямках за одиницю часу. Пропускна здатність розв'язок у цілому визначається пропускною здатністю їх окремих ділянок і елементів.

Ділянки, що суттєво обмежують пропускну здатність: ділянки злиття транспортних потоків при в'їзді із сполучних рамп (з'їздів) на основні смуги руху; ділянки суміщеного транзитного та лівоповоротного руху перед виїздом на рампу і лівоповоротного після виїзду з рампи в зоні шляхопроводу на перетинах типу «лист конюшини»; ділянки автомагістралей за примиканням правоповоротних рамп; ділянки виходу з основних смуг на правоповоротні рамп.

Найбільш «вузькими місцями» щодо пропускної здатності розв'язок є ділянки виїзду з рамп на основні смуги автомагістралей, що перетинаються. Ці ділянки багато в чому визначають не тільки пропускну здатність перетину, а й рівні зручності і безпеки руху. При інтенсивності по правій зовнішній смузі автомагістралі, близькій до максимальної пропускної здатності, умови руху на з'їзді різко ускладнюються, виникають черги автомобілів, що сприяють зниженню швидкості руху та навіть створюють затори на дорозі.

Виїзд на основну смугу руху може відбуватися при чотирьох режимах руху транспортних потоків:

- вливання з ходу (рівень зручності А);
- вливання з пригальмовуванням (рівень зручності Б);
- вливання автомобілів окремими пачками із затримками на очікування (рівень зручності В);
- вливання автомобілів в умовах утворення черг та заторів на з'їзді (рівень зручності Г).

За даними спостережень значення пропускної здатності в'їздів для середньостатистичного складу руху, характерного для доріг України, наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Пропускна здатність в'їздів розв'язок в двох рівнях

Рівень зручності	Інтенсивність руху по правій смузі головної дороги, авт./г	Пропускна здатність в'їзду, авт./г	
		при наявності ПШС	без ПШС
А	100	300	850
	300	330	625
Б	500	790	500
	700	740	425
В	900	700	325
Г	1000	610	220

Для оцінки характеристик руху на транспортних перетинах при різному розподілі інтенсивностей за напрямками доктор технічних наук В.В. Сільянов використовував метод математичного комп'ютерного моделювання транспортних потоків, в основі якого лежать характерні розрахункові схеми злиття транспортних потоків. Переймаючись різної планової конфігурацією з'їздів, різними параметрами перехідно-швидкісних смуг, можна всебічно оцінити їх вплив на умови руху транспортних потоків на ділянках з'їздів.

При оцінці пропускної здатності всього перетину в цілому вирішують екстремальну задачу лінійного програмування. При цьому функцію мети представляють в наступному вигляді (рис. 3.17).

Задача розрахунку пропускної здатності розв'язки руху в різних рівнях зводиться до відшукування максимуму функції (3.17) в рамках перерахованих обмежень на основі вирішення задачі лінійного програмування (симплекс-метод). Пропускную здатність при цьому обчислюють для багатьох варіантів планування розв'язки і варіантів конструктивних рішень окремих її елементів.

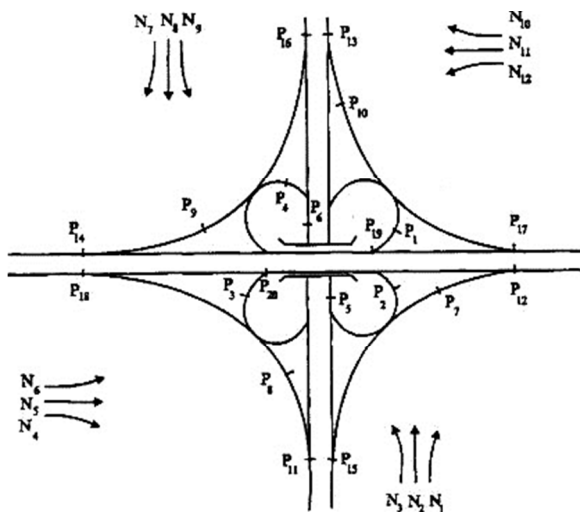


Рис. 3.17. Схема до розрахунку пропускної здатності перетинань в різних рівнях (на прикладі «листа конюшини»)

$$P = N_1 + N_2 + \dots + N_{12} \Rightarrow \max \quad (3.1)$$

при виконанні наступних обмежень:

$$N_3 < P_1; N_2 + N_3 + N_6 < P_5; N_7 < P_9;$$

$$N_6 < P_2; N_8 + N_9 + N_{12} < P_6; N_{10} < P_{10};$$

$$N_9 < P_3; N_1 < P_7; N_8 + N_4 + N_{12} < P_{11};$$

$$N_{12} < P_4; N_4 < P_8; N_1 + N_5 + N_6 < P_{13}; N_7 + N_{11} < P_{14};$$

$$N_1 + N_2 + N_3 < P_{15}; N_4 + N_5 + N_6 < P_{18};$$

$$N_7 + N_8 + N_9 < P_{16}; N_3 + N_{11} < P_{19};$$

$$N_{10} + N_{11} + N_{12} < P_{17}; N_9 + N_5 < P_{20};$$

де P – пропускна здатність перетинання в цілому, авт./год;

$N_1 \dots N_{12}$ – інтенсивності руху по відповідних напрямках, авт./год;

$P_1 \dots P_{20}$ – пропускні здатності відповідних елементів перетинання, авт./год.

Одним з найважливіших показників, які зумовлюють вибір тієї чи іншої схеми розв'язки в різних рівнях (наприклад, повної та неповної), є безпека руху на транспортному перетинанні.

Основними факторами, що впливають на безпеку руху на перетинаннях як в одному, так і в різних рівнях, є:

– інтенсивність руху по напрямках, що перетинаються. Це один з головних чинників, що визначають вірогідність виникнення

аварійної ситуації на перетині. При цьому аварійність тим більша, чим більше сумарна інтенсивність руху по напрямках;

- склад руху. Збільшення неоднорідності складу транспортного потоку збільшує аварійність на транспортному перетинанні;
- кути перетину доріг, що створюють різні умови для різних напрямків руху на перетині, визначаючи найбільш небезпечні напрямки руху;
- планувальне рішення перетинань. Величини радіусів заокруглень ліво- і правоповоротного руху, наявність або відсутність перехідно-швидкісних смуг в значній мірі впливають на умови та безпеку руху на перетині;
- кількість і тип конфліктних точок.

3.1.6. Техніко-економічне обґрунтування доцільності влаштування розв'язок певних типів

Вибір оптимального варіанта розв'язки дозволяє при помірних капіталовкладеннях у будівництво ефективно організувати перевезення вантажів і пасажирів і забезпечує отримання одноразового і щорічного економічного ефекту в результаті: зниження транспортно-експлуатаційних витрат; збільшення швидкостей руху транспортних потоків; скорочення втрат часу при простоях автомобілів на перетині; скорочення часу перебування в дорозі пасажирів і вантажів; зниження втрат народного господарства внаслідок дорожньо-транспортних пригод.

При проектуванні розв'язок у різних рівнях слід дотримуватись індивідуального підходу, заснованого на детальному вивченні потоків руху у всіх напрямках; при цьому враховуються конкретні умови рельєфу місцевості та ситуації, а також можливість відводу землі під розв'язку. При проектуванні зазвичай перевагу надають найбільш потужним потокам руху, для яких створюють більш сприятливі умови, ніж для інших. Зручність руху у першу чергу залежить від забезпеченої швидкості. Для більш потужних потоків вона повинна бути максимальна, для менш потужних потоків допускається значне зниження розрахункової швидкості.

Перетин автомобільних доріг з невисокою інтенсивністю руху (III–IV категорій), як правило, здійснюється неповними транспортними розв'язками, при плануванні яких дозволяється перетин траєкторій руху в одному рівні на дорозі нижчої категорії.

При відносно незначних лівоповоротних потоках за основу приймають розв'язку «лист конюшини», при переважаючих лівоповоротних потоках використовуємо схему з прямими (напівпрямими) лівими поворотами або кільце з п'ятьма шляхопроводами. Якщо спостерігається лише один потужний лівоповоротний потік, можна використати неповний лист конюшини з лівоповоротним потоком по колу або прямим (напівпрямим) лівоповоротним потоком; при значній перевазі інтенсивності руху по головній дорозі відносно другорядної можна запроєктувати неповну транспорту розв'язку у вигляді кола з двома шляхопроводами.

Призначення типу розв'язки залежить від:

- категорії доріг, що перетинаються та транспортного завантаження вузла;
- розподілу потоків та складу руху за напрямками на першу чергу будівництва і на перспективу;
- плану прилеглої до перетину території;
- характеристик геологічних та гідрогеологічних умов прилеглої до перетину місцевості;
- наявних підземних комунікацій відомостей про глибину їх прокладання та технічних характеристик;
- просторової геометрії та конструкції дорожнього одягу доріг, що перетинаються;
- характеристики пішохідних потоків;
- інших параметрів, що впливають з особливостей місцевих умов.

Важливі вимоги до вибору типу розв'язок пред'являються з боку архітектурно-композиційного ув'язування споруди з прилеглою до вузла забудовою і навколишнім ландшафтом, що особливо важливо для населених пунктів.

З категорією доріг, що перетинаються, пов'язані розрахункові швидкості руху на лівоповоротних і правоповоротних з'єднувальних з'їздах, які в свою чергу визначають допустимі радіуси в плані та поздовжньому профілі.

Залежно від категорії доріг, що перетинаються, призначають параметри перехідно-швидкісних смуг на з'їздах і виїздах, а також довжину перехідних кривих з'їздів. При виборі схеми розв'язки прагнуть, насамперед, забезпечити безперервність руху в напрямку дороги більш високої категорії.

Інтенсивність руху, розподіл її за напрямками і склад руху мають визначальний вплив на вибір типу перетину або примикання в різних рівнях, а також на планувальні та конструктивні рішення його елементів. Одна з основних вимог, що висувуються до розв'язок руху в різних рівнях, – безперебійність роботи в будь-який період року, місяця, дня тижня і години доби. Тому в розрахунках приймають максимальні розміри руху в усіх напрямках в годину «пік» для найбільш напруженого сезону року і дня тижня для перспективного періоду 20 років. Динамічні параметри транспортних засобів в потоці впливають на призначення таких параметрів, як ширина з'їздів, довжина перехідно-швидкісних смуг, довжина ділянок перевлаштування потоків. Якщо в транспортному потоці на з'їзді автопоїздів більше 5%, параметри цього з'їзду повинні бути обраховані саме для таких транспортних засобів.

Для вибору схеми перетину або примикання зручно користуватися графічним зображенням інтенсивності руху у вигляді картограм транспортних потоків із зазначенням їх розмірів у приведених одиницях. Для цієї мети фактичну інтенсивність руху у транспортних одиницях приводять до інтенсивності однорідного транспортного потоку, представленого лише легковими автомобілями.

Картограми інтенсивності руху, побудовані на різних розрахункові роки, дозволяють вирішувати питання стабільності будівництва, а саме – в міру зростання інтенсивності передбачають можливість перетворення розв'язок неповного типу у вузли перетинів, що забезпечують повну розв'язку в усіх напрямках без конфліктних точок.

Ситуаційні особливості прилеглої до дорожнього вузла території (забудова, що склалася, залізниці, території народногосподарських об'єктів, цінні сільськогосподарські угіддя зокрема) можуть сильно деформувати конфігурацію з'їздів в плані при відповідному погіршенні фізичних параметрів руху транспортних потоків та пов'язаних з ними рівнів зручності та безпеки руху.

Рельєф прилеглої до перетину місцевості не тільки багато в чому визначає обсяги земляних робіт, а й у ряді випадків може вплинути на вибір типу головної штучної споруди розв'язки (шляхопроводу, тунелю).

Геологічні та гідрогеологічні особливості місцевості, прилеглої до транспортного вузла, нерідко зумовлюють вибір типу штучної споруди та підходів до неї (шляхопровід або тунель, насип або естакада тощо). Вони впливають на глибину закладання фундаментів опор шляхопроводів, на вибір типу прогонових будов (розрізні, нерозрізні), конструкцію підпірних стінок, визначають необхідність організації водовідведення в тунелях тощо. Все це в кінцевому результаті впливає на кошторисну вартість будівництва розв'язки в цілому.

Облік розташування підземних комунікацій набуває особливого значення при проектуванні розв'язок в різних рівнях в сформованих містах, які характеризуються щільною мережею магістральних трубопроводів, кабелів, повітряних комунікацій тощо. В таких умовах в багатьох випадках варіант будівництва шляхопроводу виявляється кращим за будівництво тунелю.

Просторова геометрія доріг, що перетинаються, має в деяких випадках визначальний вплив на вибір схеми розв'язки та основні планувальні і конструктивні рішення її елементів. Кути перетину автомобільних доріг, умови перетину (коли одна або обидві магістралі, що перетинаються, розташовані на кривих у плані), поздовжні і поперечні профілі автомагістралей є жорсткими технічними обмеженнями, в рамках яких потрібно знайти рішення, що відповідає всім діючим технічним нормативам.

Проблема врахування при проектуванні перехрещень і примикань в різних рівнях безпечного руху пішоходів, зазвичай, виникає в населених пунктах. При наявності пішохідних переходів в одному рівні виключається безперервність руху транспортних потоків і різко знижується ефективність роботи розв'язок в цілому. У таких випадках передбачають додаткові заходи, що полягають у влаштуванні позавуличних пішохідних переходів.

На вибір того чи іншого типу перетинання або прилягання в різних рівнях впливає також багато інших факторів, таких як розміри капіталовкладень, транспортно-експлуатаційні витрати, ефективність капіталовкладень, можливість стадійного будівництва без перевитрат, пропускна спроможність вузла, швидкості транспортних потоків, рівні зручності та безпеки руху, перепробіг лівоповоротного руху тощо. Це завдання часто виявляється нерозв'язаним при традиційній технології. Програмні забезпечення сучасних САПР-АД, як правило, дають можливість всебічного

розгляду різноманітних варіантів розв'язок руху практично при будь-яких поєднаннях плану і профілю доріг, що перетинаються.

Остаточне рішення про влаштування розв'язки у двох рівнях конкретного виду приймається після техніко-економічного порівняння варіантів таких розв'язок.

Техніко-економічне порівняння різних видів розв'язок у двох рівнях

Техніко-економічне порівняння варіантів перетинань, особливо на ранніх стадіях проектування при виборі принципових рішень, виконують в наступній послідовності:

- відповідно до перспективної інтенсивності руху, її розподілом за напрямками і місцевими специфічними умовами призначають відповідну кількість прийнятних для цих умов типів розв'язок (зокрема, можуть бути розглянуті розв'язки повні та неповні);

- для кожного типу розв'язки встановлюють ряд підваріантів конструктивних і планувальних рішень, підраховують обсяги робіт і визначають будівельну вартість;

- вирішують питання необхідності стадійності будівництва відповідно до зростання інтенсивності по можливості без нераціональних витрат. При рішенні на користь стадійного будівництва розрахунковий період підсумовування витрат поділяють на етапи;

- для кожного року експлуатації визначають інтенсивність руху, втрати часу на перетині, середні швидкості транспортних потоків, кількість ДТП.

При порівнянні варіантів транспортної розв'язки враховують зручність та комфортність користування розв'язкою, а саме:

- одноманітність входу на лівоповоротні з'їзди розв'язок на одній дорозі, наприклад, розташування входу на з'їзд на ділянці перед шляхопроводом;

- виконання принципу стадійності будівництва, розміщення з'їздів з урахуванням перспективного будівництва додаткових з'їздів або смуг руху;

- використання способу окремого трасування смуг руху в межах розв'язки для більш плавного вписування у ландшафт і зручного поєднання з'їздів з доріг, які перетинаються;

- проектування при необхідності шляхопроводів криволінійних у плані з метою створення з'їздів плавного обрису, без прямих вставок;

- забезпечення вимог безпеки руху при конструюванні та розташуванні елементів шляхопроводу;
- улаштування єдиного виїзду з дороги для правого та лівого поворотів;
- проектування з'їздів для лівих та правих поворотів без прямих вставок;
- улаштування ділянок розгону, гальмування і маневрування на перехідно-швидкісних смугах паралельно осі дороги;
- забезпечення достатньої відстані видимості ділянки входу на з'їзди і перехідно-швидкісні смуги.

Будівельна вартість влаштування розв'язки в двох рівнях зумовлюється площею землі під нею, включаючи вартість знесення будівель і споруд, вартість відчуження земель під розв'язку; обсягом оплачуваних робіт та ступенем їхньої складності, потребою у основних дорожньо-будівельних машинах, обладнанні, транспортних засобах, трудових витратах, місцевих та привізних матеріалах тощо і залежить від загальної довжини з'їздів в односмуговому перерахунку, площі дорожнього покриття на розв'язці, кількості шляхопроводів та їхньої загальної довжини, кількості водопропускних труб тощо.

Транспортно-експлуатаційні витрати полягають у витратах транспортних засобів на проїзд розв'язки, витрат на утримання розв'язки та витрат, пов'язаних з ДТП.

Експлуатаційні витрати транспортних засобів визначаються розрахунковою швидкістю на основних напрямках, на право- та лівоповоротних з'їздах тощо і залежать від геометричних параметрів розв'язки

Витрати, пов'язані з дорожньо-транспортними пригодами, визначаються сумарним показником, що характеризує порівняльну безпеку вузла; коефіцієнтом відносної аварійності, ймовірною кількістю ДТП протягом розрахункового періоду і залежать від ступеня важкості сприймання водіями схеми руху на розв'язці, наявності або відсутності зустрічних потоків на з'їздах, умов змішування потоків на ділянках перестроювання, наявності кривих зворотного радіуса тощо.

Дорожньо-експлуатаційні витрати полягають у вартості робіт з утримання дорожніх споруд. Як правило, на розв'язках у різних рівнях загальна площа дорожнього полотна значно збільшується, збільшується також кількість дорожньо-технологічного обладнання.

У грошовому еквіваленті наведені витрати по кожному з варіантів оцінюються **сумою приведених витрат**, які складаються з вартості будівництва, дорожньо-експлуатаційних витрат, транспортних витрат, витрат від ДТП, приведених до розрахункового періоду

$$M = \sum_t^n k_{np} K_o + \sum_t^n k_o K_p + \sum_t^n k_o K_{,kp} + \sum_t^n k_o D + \sum_t^n k_o S_{mp} + \sum_t^n k_o \Pi_{nac} + \sum_t^n k_o A + \sum_t^n k_o \Pi_{зем} . \quad (3.2)$$

До капіталовкладень при будівництві транспортних розв'язок включаються:

- загальний об'єм капіталовкладень у будівництво (реконструкцію) перехрещення (K_o);
- капіталовкладення у стадійну реконструкцію (K_p);
- вартість капітальних ремонтів (K_{kp}).
- Поточні витрати:
- автотransпортні витрати (S_{mp});
- вартість перебування пасажирів у дорозі (Π_{nac});
- витрати від вилучення земель з сільськогосподарського виробництва ($\Pi_{зем}$);
- витрати від ДТП (A).

Дорожньо-експлуатаційні витрати (D) включають всі види ремонтів та утримання вузла. Ця сума відносно невелика і визначається орієнтовно за формулою:

$$\sum_1^l DK_o = D_{cp} \sum_1^l K_o , \quad (3.3)$$

де D_{cp} – середня сума дорожньо-експлуатаційних витрат за розрахунковий період, віднесена до одного року експлуатації, приймається за даними відповідної дорожньої організації залежно від умов експлуатації, категорії дороги тощо;

$\sum_1^l K_o$ – сума коефіцієнтів віддалення витрат за розрахунковий термін.

Сума приведених транспортних витрат включає в себе витрати на пересування та простої перед виконанням поворотів, пропуску пішоходів тощо

$$\sum_1^{t_p} S_{mp} k_0 = S_{mp(1)} \sum_1^{t_p} k_0 m, \text{ грн.}, \quad (3.4)$$

де $S_{mp(1)}$ – сума транспортних витрат у перший рік експлуатації;

$\sum_1^{t_p} k_0 m$ – сума добутків коефіцієнтів віддалення витрат на коефіцієнти збільшення інтенсивності руху даного року по відношенню до першого року.

Транспортні витрати

$$S_{тр(1)} = D \sum_1^n N_{доб(1)} l S_{км(сеп)} + t_{ном(1)} + S_{прост.(сеп.)}, \text{ грн.}, \quad (3.5)$$

де D – кількість днів перевезень у рік;

$N_{доб.(1)}$ – середньодобова інтенсивність руху на даній ділянці,

n – кількість маршрутів у транспортному вузлі;

l – довжина маршруту, км;

$S_{км(сеп.)}$ – середньозважена собівартість одного авт.·км, яка визначається з урахуванням швидкості та складу транспортного потоку,

$t_{ном(1)}$ – час простоювання на вузлів у першій рік експлуатації, год;

$S_{прост.(сеп.)}$ – середньозважена собівартість одної години простою автомобілів з працюючими двигунами, грн

$$S_{км(сеп.)} = C_{пер(сеп.)} + \frac{C_{прост}}{V_{сеп.}} + 3П_{сеп.}, \text{ грн.} \quad (3.6)$$

Транспортні втрати ($t_{пот(1)}$) визначаються за залежностями, які вже нам відомі.

$\sum_t^n k_0 A$ залежать від транспортних втрат, типу рухомого складу для перевезень пасажирів (пасажировмістості), експлуатаційних показників роботи рухомого складу (коефіцієнта використання пробігу, середньої вартості одного пас.·км, середньої швидкості руху автобусів на ділянці тощо).

Річні втрати від ДТП

$$A = G \cdot a, \text{ грн.}, \quad (3.7)$$

де G – кількість ДТП за рік,

a – середні збитки від 1 ДТП.

Вірогідна кількість ДТП у t році

$$G_t = G \left(\frac{M_t + N_t}{M_1 + N_1} \right)^2, \text{ од,} \quad (3.8)$$

де G – кількість ДТП перший рік;

M_t і N_t – інтенсивність руху на дорогах, що утворюють транспортний вузол за t років;

M_1 і N_1 – те саме у першій рік експлуатації вузла (середньодобова середньорічна інтенсивність руху, авт./добу).

Якщо прийняти $M + N = N_{\text{вузла}}$, то

$$G_t = G_1 (N_{\text{вузла}(t)} / N_{\text{вузла}(1)})^2.$$

Позначимо $N_{\text{вузла}(t)} / N_{\text{вузла}(1)} = m$, тоді збитки від ДТП за розрахунковий період

$$\sum_t k_0 A = A_1 \sum_t k_0 m^2, \text{ грн,} \quad (3.9)$$

де A – збитки від ДТП за першій рік,

k_0 – коефіцієнт віддалення витрат.

Збитки від вилучення землі під розв'язку

$$\sum_t k_0 \Pi_{\text{зем}} = D_0 \sum_1^{t_p} \left(\frac{1+p}{1+E_n} \right)^t F, \text{ грн,} \quad (3.10)$$

де D_0 – чистий дохід (або прибутки) з 1 га земельних угідь в перший рік експлуатації (за відомостями відповідних сільгоспуправлінь),

P – відсоток щорічного зростання доходності сільського виробництва;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

F – площа постійного відведення земель під ТР.

Нижче наведено приклад деяких будівельних та транспортних витрат різних видів розв'язок (табл. 3.5 та 3.6) в таких умовах:

- дороги перетинаються під прямим кутом в рівнинній місцевості;
- кількість смуг руху – 4 шириною 3,75 м кожна з розділювальною смугою шириною 4,5 м;
- розрахункова швидкість правоповоротних з'їздів – 70 км/год, лівоповоротних з'їздів «листа конюшини» – 50 км/год, напівпрямих лівоповоротних з'їздів – 60 км/г, прямих лівоповоротних – 70 км/год, кільцевої розвозки – 60 км/год.

- ширина земляного полотна з'їздів – 7,5 м, двосмугових (зокрема кільцевої ділянки) – 11 м;
- довжина перехідно-швидкісних смуг від 90 до 230 м.

Таблиця 3.5

Площа та радіуси з'їздів різних видів розв'язок

Тип розв'язки	Площа землі, га	Радіуси лівоповоротних з'їздів, м	Радіуси правоповоротних з'їздів, м
«Лист конюшини»	30,86	70	200
Кільце з п'ятьма шляхопроводами	26,72	145 (радіус кільця)	240
З 4-ма напівпрямими лівоповоротними з'їздами	17,38	130	180
З 4-ма прямими лівоповоротними з'їздами	20,64	138	200

Таблиця 3.6

Транспортні витрати на розв'язках різних видів

Тип розв'язки	Правоповоротні з'їзди		Лівоповоротні з'їзди	
	Довжина, м	Тривалість руху, с	Довжина, м	Тривалість руху, с
«Лист конюшини»	975	55	1850	100
Кільце з п'ятьма шляхопроводами	985	56	1450	86
З чотирма напівпрямими лівоповоротними з'їздами	1080	58	1215	67
З чотирма прямими лівоповоротними з'їздами	1060	55	1120	58

Економічні розрахунки приводять до вихідного або базисного року (року будівництва об'єкта або першого року експлуатації).

Витрати у базисному році приймають у натуральному вигляді. Витрати у році, що передує базисному, збільшують проти натуральних на коефіцієнт приведення витрат:

$$K_{\text{пр.}} = (1 + E_{\text{н}})^t, \quad (3.11)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, для дорожнього будівництва прийнято $E_{\text{н}} = 0,08$;

t – проміжок у роках між проведеними витратами і базисним роком.

Витрати після базисного року зменшують проти натуральних, на коефіцієнт віддалення витрат:

$$k_0 = 1/(1 - E_{\text{н}})^t, \quad (3.12)$$

де t – проміжок часу (років) між приведеними витратами та базисним роком (тривалість розрахункового періоду – 20 років).

Приведені витрати дорівнюють сумі капіталовкладень та поточних витрат за певний рік експлуатації об'єкта.

Розрахунок ефективності капіталовкладень

Економічна ефективність визначається через коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\sum 3_t^{\text{існ}} K_0 - \sum 3_t^{\text{нр}} K_0}{(K_{\text{прив.}}^{\text{нр}} - K_{\text{прив.}}^{\text{існ.}}) K_0}, \text{ грн.} \quad (3.13)$$

де $\sum 3_t^{\text{існ.}} K_0$ – сумарні приведені поточні витрати за розрахунковий період t при збереженні існуючої ТР;

$\sum 3_t^{\text{нр.}} K_0$ – те саме при реконструкції; грн.;

$K_{\text{прив.}}^{\text{нр}}$ – приведені капіталовкладення при реконструкції, грн.;

$K_{\text{прив.}}^{\text{існ.}}$ – те саме при збереженні існуючого, грн.

Чисельник цієї формули – сумарна приведена економія на поточних витратах (різниця суми приведених витрат при існуючій ТР і в проектних умовах.)

$$\sum_1^t E_t = (M_{\text{існ.}} - K_{\text{існ.}}^{\text{прив.}}) - (M_{\text{нр.}} - K_{\text{нр.}}^{\text{прив.}}), \text{ грн.} \quad (3.14)$$

де M – приведені експлуатаційні витрати,

K – приведені капіталовкладення,

нр. – у проектних умовах, існ. – в існуючих умовах.

Можливість розгляду при автоматизованому проектуванні для одного і того ж транспортного вузла великої кількості типів розв'язок, а також великої кількості варіантів планувальних і

конструктивних рішень елементів розв'язок полегшує проблему порівняння конкуруючих варіантів за різними економічними і технічними показниками.

Питання для самоконтролю

1. *Як класифікуються розв'язки у двох рівнях?*
2. *Які способи організації лівого повороту на розв'язках? Від чого залежить вибір схеми розв'язки?*
3. *Які переваги та недоліки розв'язки виду «лист конюшини»?*
4. *Чим відрізняються умови руху на розв'язках з кільцевим рухом?*
5. *Якій вид розв'язки найдоцільніший для потужних лівоповоротних потоків?*
6. *Наведіть методику оцінки рівня безпеки на транспортних розв'язках.*
7. *Як визначається пропускна здатність транспортних розв'язок?*
8. *В чому полягає техніко-економічне обґрунтування вибору виду розв'язки?*

3.2. Проектування розв'язок в двох рівнях

Зона транспортної розв'язки визначається положенням перерізів початку (кінця) відгону розширення на перетинаннях (примиканнях) автомобільних доріг. Так, на дорозі А (рис. 3.18), межею зони транспортної розв'язки є перерізи $a-a$ і $b-b$. Для руху при зміні напрямку праворуч призначені правоповоротні з'їзди (ППО), а для руху ліворуч – лівоповоротні з'їзди (ЛПО). З'їзди, залежно від інтенсивності руху автомобілів по них, можуть бути односмуговими (ЛПО 4, ЛПО 7), або багатосмуговими (ЛПО 5, ЛПО 6).

Зона транспортної розв'язки може включати ділянки автомобільних доріг, що перетинаються або прилягають, шляхопроводи, правоповоротні та лівоповоротні з'їзди, перехідно-швидкісні смуги, збірно-розподільчі смуги, смуги для аварійної зупинки тощо.

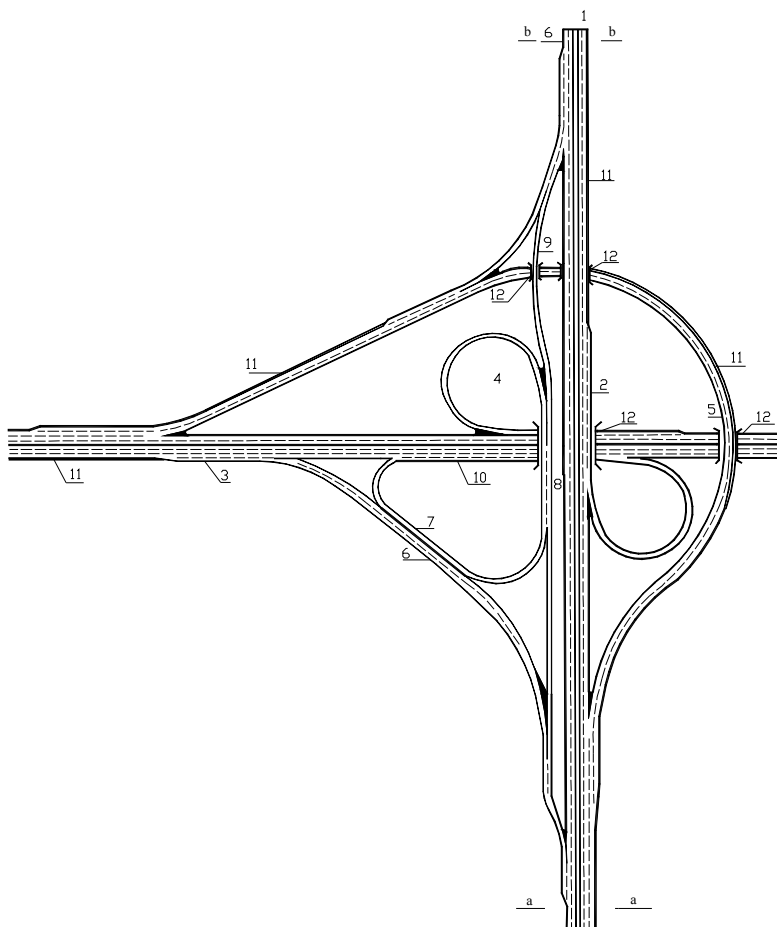


Рис. 3.18. Елементи транспортної розв'язки:

- 1 – головна проїзна частина; 2 – ділянка примикання (смуга розгону);
- 3 – ділянка відмикання (смуга гальмування);
- 4 – лівоповоротний з'їзд; 5 – комбінований з'їзд; 6 – правоповоротний з'їзд; 7 – лівоповоротний з'їзд, запроектований з урахуванням положення правоповоротного; 8 – зона переплетення потоків, 9 – збірно-розподільна проїзна частина, 10 – додаткова смуга в зоні переплетення потоків;
- 11 – смуга для аварійної зупинки; 12 – шляхопровід; 13 – примикання з'їзду з введенням на основній дорозі додаткової смуги руху;
- 14 – відмикання з'їзду з основної дороги зі зменшенням кількості смуг руху на основній дорозі

Швидкість руху на з'їздах, як правило, менша порівняно зі швидкістю на основних дорогах, тому з'їзди на дорогах І–ІІІ категорій повинні починатися і закінчуватися перехідно-швидкісними смугами (гальмування і розгону).

На рис. 3.18 наведені основні елементи розв'язок у двох рівнях.

3.2.1. Обґрунтування елементів перехідних кривих

План траси з'їздів може включати перехідні криві, кругові криві та прямі вставки. Розрізняють ділянки відмикання з'їздів при виїзді автомобіля з основної проїзної частини і ділянки примикання при в'їзді на неї. Перехідні криві вводяться між прямими ділянками та з'їздами з круговими кривими (ділянки відмикання і примикання), а також між прямими ділянками і круговими кривими безпосередньо з'їздів.

В якості перехідних кривих можуть застосовуватися клотоїди, якщо прийняти, що швидкість руху автомобіля постійна при русі на ділянках відмикання або примикання. Спостереження показують, що автомобіль на цих ділянках рухається зі змінною швидкістю. Ця швидкість зменшується на ділянці відмикання. Такому режиму руху більше підходить рівняння перехідної кривої зі змінною швидкістю руху. У технічній літературі такі криві називають **гальмівними перехідними кривими** або **кривими ПЕРС** (змінна швидкість). Обидві ці криві забезпечують поступове зростання відцентрової сили. Проте слід враховувати, що швидкісний режим і траєкторія руху автомобіля визначається водієм автомобіля. При проектуванні перехідних кривих лівоповоротних з'їздів зручніше використовувати гальмівні криві, при проектуванні правоповоротних з'їздів зручніше використовувати клотоїди.

Комплексна задача встановлення найкращої, з точки зору умов руху транспортних потоків, просторової геометрії ділянок відгалужень і примикань з'їздів полягає у встановленні параметрів віражу або вертикального планування, яка обумовлюється:

- типом і параметрами перехідної кривої;
- закономірностями зміни поперечного похилу віражу та розширення проїзної частини;
- поздовжнім профілем дороги;
- поздовжнім профілем з'їзду (в'їзду).

При проектуванні ділянок відгалужень і примикань з'їздів між дорогами, що перетинаються, довгий час формально застосовували криві типу клотоїди без аналізу фізичних параметрів руху автомобілів зі змінними швидкостями, характерними для транспортних потоків в межах перетинань в різних рівнях.

Накопичений досвід експлуатації розв'язок, а також ряд фундаментальних теоретико-експериментальних досліджень дозволили встановити той факт, що основним видом руху транспортних засобів на ділянках відгалужень і примикань з'їздів є рух із змінною швидкістю: уповільнений – на з'їздах і прискорений – на в'їздах. При цьому закон зміни кривизни клотоїди і, відповідно, поперечного похилу віражу, як правило, не відповідає фізичним параметрам руху автомобілів із змінною швидкістю. Саме з цієї причини, починаючи з кінця 50-х років, було зроблено багато пропозицій щодо використання на ділянках відгалужень і примикань з'їздів перехідних кривих особливого типу – кривих змінної швидкості. Істотні за обсягом і значущістю теоретико-експериментальні дослідження перехідних кривих різних типів на ділянках відгалужень і примикань з'їздів були виконані в 70-х роках і, зокрема, сформульовані основні вимоги до них:

- забезпечення плавної зміни положення передніх коліс щодо поздовжньої осі автомобіля плавним обертанням рульового колеса;
- забезпечення поступової зміни відцентрового прискорення відповідно зі збільшенням або зменшенням кривизни;
- можливість влаштування відгону поперечного ухилу проїзної частини між крайніми його значеннями;
- відповідність фізичних параметрів руху автомобілів зі змінними швидкостями при уповільненні і прискоренні;
- забезпечення плавної зміни бічного крену автомобілів при наявності великої різниці поперечних ухилів;
- задоволення естетичних вимог просторової плавності.

Необхідний характер зміни відцентрової сили, що діє на автомобіль при русі по заокругленню з'їзду (в'їзду), може бути досягнутий лише при однаковій зміні кривизни земляного полотна і відгону поперечного ухилу. При цьому ідеальна перехідна крива повинна відповідати всім перерахованим вимогам і забезпечувати оптимальний характер зміни відцентрової сили, кривизни і поперечного ухилу у вигляді плавної лінії без переломів на кінцях.

Перехідна крива типу клотоїди лише тоді повністю відповідає своєму призначенню, коли рух транспортних засобів в її

межах здійснюється з постійною швидкістю ($V = \text{const}$) і відгін віражу відбувається по всій довжині за лінійним законом, тобто без вставки вертикальних увігнутих і опуклих кривих в утворені злами поздовжнього профілю. Обидві ці вимоги при проектуванні з'їздів (особливо лівоповоротних) у багатьох випадках виявляються нездійсненними. Рух автомобілів зі змінною швидкістю призводить до різкого збільшення використання коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою, що істотно знижує безпеку руху.

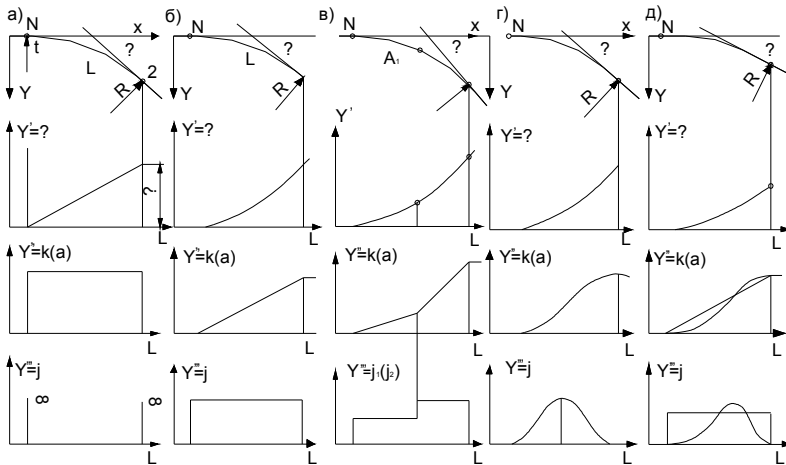


Рис. 3.19. Характер зміни кута нахилу дотичної до кривої (Y), відцентрового прискорення (Y'') і наростання відцентрового прискорення (Y''') по довжині різних типів кривих, що використовуються як перехідні:
а – кругової; б – клотоїди; в – коробової клотоїди; г, д – перехідних кривих змінної швидкості (ПЕРС)

Однак при радіусах заокруглення в плані більше 100-200 м зниження (або збільшення) швидкостей руху на ділянках відгалужень і примикань розв'язок настільки несуттєво, що негативний вплив законів зміни кривизни і поперечного ухилу, властивих клотоїді, може мало позначатися на погіршенні умов руху автомобілів. У зв'язку з цим клотоїди дуже часто застосовують при проектуванні відгалужень і примикань, особливо правоповоротних з'єднувальних рамп (з'їздів).

Характер зміни кута нахилу дотичної до кривої, відцентрового прискорення і зростання відцентрового прискорення, властивий клотоїді, представлений на рис. 3.19, б, в. Як видно з рис. 3.19, клотоїда характеризується параболічним

законом зміни тангенса кута нахилу дотичної, лінійним законом зміни відцентрового прискорення і постійним значенням зростання відцентрового прискорення.

Властивий клотоїді несприятливий характер зміни кривизни і відцентрового прискорення у вигляді, який характеризується різким переламом функцій на початку і в кінці кривої, властивий і відгону віражу на перехідній кривій. З метою виключення цих суттєвих недоліків, В.А. Федотовим було розроблено ряд нових типів перехідних кривих з ідеалізацією закону зміни кривизни різними методами: за параболічним законом, сполучено-параболічним, тригонометричним, оптимальним тощо.

Як було встановлено в результаті аналізу, геометричні параметри перехідної кривої, побудованої за параболічним законом, забезпечують цілком задовільні умови руху автомобілів зі змінною швидкістю, допускають рух з постійною швидкістю і забезпечують можливість відгону віражу, оскільки зміна поперечного ухилу повторює S-подібний графік відцентрового прискорення (рис. 3.19, д). Перехідна крива цього типу є одним з різновидів перехідних кривих змінної швидкості (ПЕРС).

Виконаний всебічний аналіз різних типів перехідних кривих дозволяє зробити наступні рекомендації щодо їх застосування при проектуванні ділянок відгалужень і примикань з'їздів транспортних розв'язок:

- для з'їздів (в'їздів) доріг I, II категорій при радіусах в плані 60-250 м і початкової швидкості руху 80 км/год доцільно застосовувати перехідні криві ПЕРС із середнім уповільненням 1,5-2,0 м/с² і прискоренням 0,8-1,25 м/с²;
- для з'їздів (в'їздів) доріг III категорії при радіусах в плані 30-60 м можна застосовувати як клотоїди, так і ПЕРС, причому останні застосовують при початковій швидкості 60 км/год;
- для з'їздів (в'їздів) доріг з радіусами більше 100 м залежно від категорії доріг, різниці поперечних і збільшення поздовжнього ухилів вибирають найбільш сприятливу в даних умовах за своїми геометричними і фізичними параметрами перехідну криву з трьох розглянутих.

Таким чином, на даний час всебічними дослідженнями була доведена необхідність застосування нових перехідних кривих, конструктивні і функціональні якості яких істотно перевищують якості клотоїд та інших відомих перехідних кривих. Довжини

нових перехідних кривих повинні бути такими, як того вимагають конкретні умови проектування та принципи створення самопояснюючих і безпечних доріг. Функціональні переваги цих кривих обумовлені тим, що закономірність їх кривизни обґрунтована вимогами безпеки та зручності руху при найбільш критичних для перехідних ділянок доріг змінних швидкостях.

В останні роки дослідниками розробляються нові типи кривих для проектування з'їздів транспортних розв'язок, зокрема пропонується тип кривих, назва якого VGV_Kurve (крива змінної швидкості руху – аббревіатура Variable Geschwindigkeit Verkehr Kurve) ©. Він визначений як тип кривих, закономірність зміни кривизни яких забезпечує безпечний і зручний рух із змінною швидкістю.

На ділянках відмикання і примикань з'їздів довжина перехідної кривої визначається можливістю відгону поперечного профілю проїзної частини.

Поперечний ухил проїзної частини на ділянках кругових кривих з'їздів односхилий (віраж) і приймається від 40‰ до 60‰ (рис. 3.20). На прямих ділянках основних доріг поперечний ухил приймається за умовами водовідведення рівним 25‰. Можливі схеми відгону поперечного ухилу віражу наведено на рис. 3.20.

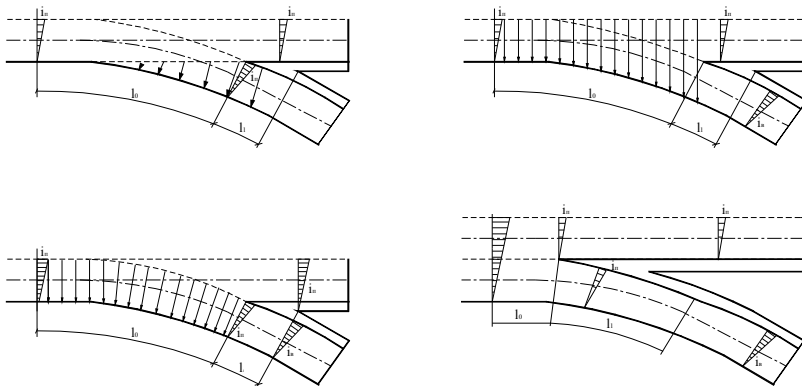


Рис. 3.20. Схеми відгону поперечного ухилу віражу на ділянках відмикання і примикань з'їздів

Найчастіше приймається схема відгону (рис. 3.20, а), при якій поперечний ухил проїзної частини з'їзду в його поперечному перерізі при поділі крайок проїзної частини (точка К на рис. 3.22)

дорівнює поперечному ухилу основної проїзної частини i_n .

3.2.2. Розв'язка «повний лист конюшини»

Розв'язка «повний лист конюшини» включає (рис. 3.21) проїжджі частини і земляне полотно доріг, що перетинаються; шляхопровід, лівоповоротні та правоповоротні з'їзди, смуги гальмування і розгону.

Призначення мінімальних радіусів з'їздів у плані

При проектуванні транспортних розв'язок радіуси горизонтальних кривих на з'їздах слід встановлювати залежно від розрахункової швидкості (див. розділ 1).

Розрахунок мінімально допустимого радіусу з'їзду

$$R = \frac{V^2}{g \cdot 3,6^2 (\mu + i_g)} \text{ м}, \quad (3.15)$$

де V – розрахункова швидкість на з'їзді, км/год;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$3,6^2$ – коефіцієнт переходу від км/год до м/с;

μ – коефіцієнт поперечної сили,

i_g – поперечний ухил проїзної частини на віражі (визначається за рис. 5.1 ДБН В.2.3-4 [9]; може бути прийнята 60‰ для лівоповоротних з'їздів і 40‰ – для правоповоротних).

Коефіцієнт поперечної сили за умови забезпечення стійкості автомобіля на кривих та зручності для пасажирів залежно від швидкості змінюється від 0,18 при швидкості 20 км/г до 0,12 при швидкості 150 км/г.

Мінімально допустимі радіуси слід розрахувати для усіх ліво- та правоповоротних з'їздів розв'язки.

Відповідно до вимог ДБН В.2.3-4–2015 з'їзди з транспортних розв'язок слід проектувати з використанням перехідних кривих. При цьому, якщо з'їзд проектують на змінну швидкість руху (лівоповоротний), то слід використовувати гальмівні криві, а якщо на постійну (правоповоротний) – клотоїду.



Рис. 3.21. Загальний вигляд розв'язки «лист конюшини»

Влаштування перехідних кривих

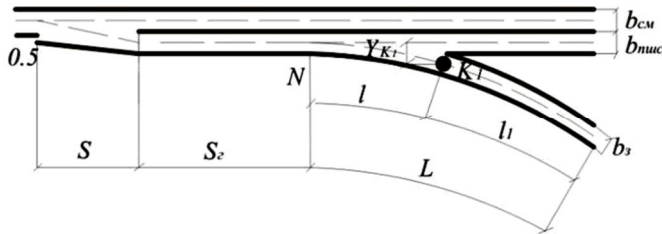


Рис. 3.22. З'їзд із перехідно-швидкісної смуги:

S – ділянка поширення смуги гальмування; S_2 – смуга гальмування;
 N – точка початку перехідної кривої (початку з'їзду); L – перехідна крива;
 l – суміщена ділянка; l_1 – ділянка відгону виражу;
 Y_{kl} – ордината початку самостійного проектування з'їзду;
 $b_3, b_{см}, b_{шис}$ – ширина з'їзду, смуги руху основної дороги й ПШС,
 відповідно; K_1 – початок самостійного проектування з'їзду

При проектуванні транспортних розв'язок необхідно визначати довжину l суміщеної ділянки з'їзду та основної дороги (або перехідно-швидкісної смуги). На цій ділянці (рис. 3.22) зовнішня смуга руху основної дороги (або смуга гальмування) та з'їзд мають загальну проїзну частину для прямого та поворотного

руху. Тому при проектуванні даної ділянки в поздовжньому профілі слід приймати ті ж параметри, як і для основної дороги.

Отже, проектування з'їзду як у плані, так і в профілі, може починатися з точки K_1 , віддаленої від початку з'їзду N на віддаль l , визначеної ординатою Y_{k1} . За таких умов повинно відбуватися повне розділення транзитних і повертаючих потоків. Відгін віражу на з'їзді можна починати з точки K_1 . Таким чином, довжина перехідної кривої L повинна задовольняти умови

$$L \geq l + l_1, \quad (3.15)$$

де l – довжина суміщеної ділянки початкової ділянки з'їзду, м,

l_1 – довжина ділянки відгону віражу, м.

Якщо з'їзд транспортної розв'язки проектується на змінну швидкість руху (лівоповоротний), то довжина суміщеної ділянки

$$l = v_{np} \sqrt[3]{\frac{3}{a} (v_{np} - v_{кр}) Y_{k1}}, \text{ м}, \quad (3.16)$$

де v_{np} – швидкість руху на прямій (на 10 км/г більше $v_{кр}$), м/с;

$v_{кр}$ – швидкість руху на даному з'їзді, м/с;

a – уповільнення під час руху на перехідній кривій.

Якщо з'їзд транспортної розв'язки проектується на постійну швидкість руху (як правило, правоповоротний з'їзд), то довжина суміщеної ділянки

$$l = \sqrt[3]{6 \cdot R \cdot L \cdot Y_{k1}}, \text{ м}, \quad (3.17)$$

де Y_{k1} – ордината точки, в якій сходяться зовнішні кромки проїзних частин з'їзду і перехідно-швидкісної смуги.

Рекомендовано приймати

$$y_{k1} = \frac{b_{шис} + b_3}{2}, \text{ м}, \quad (3.18)$$

де $b_{шис}$ – ширина перехідно-швидкісної смуги,

b_3 – ширина проїзної частини на з'їзді.

Довжина відгону віражу

$$l_1 = \frac{b_3 \cdot (i_{\epsilon} - i_n)}{i_{відг}}, \text{ м}, \quad (3.19)$$

де b_3 – ширина проїзної частини односмугового з'їзду,

i_{ϵ} , i_n – ухил віражу та поперечний ухил проїзної частини доріг, що перетинаються;

$i_{\text{відг}}$ – ухил відгону віражу (для доріг I–II категорії 5%, доріг III–IV категорій – 10%).

За умов нерівномірного руху на кривій (рух з гальмуванням на лівоповоротному з'їзді) мінімальну довжину перехідної кривої можна визначити за формулою

$$L = \frac{v_{np}^2 - v_{кр}^2}{2 \cdot a}, \text{ м.} \quad (3.20)$$

Мінімальна довжина перехідної кривої при русі автомобіля в межах перехідної кривої з постійною швидкістю визначається за формулою (при проектуванні правоповоротного з'їзду)

$$L = \frac{v_{кр}^3}{RI}, \text{ м,} \quad (3.21)$$

де $V_{кр}$ – розрахункова швидкість на з'їзді, м/с;

I – зростання відцентрового прискорення;

R – радіус з'їзду, м.

Кут повороту гальмівної кривої за умов нерівномірного руху на лівоповоротному з'їзді визначаємо за наступною формулою:

$$\beta = 57,3 \left[\frac{a}{(v_{np} - v_{кр})^3 v_{np}^3} L^2 + \frac{5a^2}{3(v_{np} - v_{кр})^5 v_{np}^5} L^3 \right]. \quad (3.22)$$

Кут повороту клотоїди за умов руху з постійною швидкістю при проектуванні правоповоротного з'їзду

$$\beta = 57,3 \frac{L}{2R}. \quad (3.23)$$

Координати гальмівної кривої визначають за формулами:

$$x = l - \frac{a^2}{10(v_{np} - v_{кр})^2 v_{np}^6} l^5, \quad (3.24)$$

$$y = \frac{a}{3(v_{np} - v_{кр})^3 v_{np}^3} l^3. \quad (3.25)$$

Координати клотоїди:

$$x = l - \frac{l^5}{40C^2} + \frac{l^9}{3456C^4}, \quad (3.26)$$

$$y = \frac{l^3}{6C} - \frac{l^7}{336C^6} + \frac{l^{11}}{42240C^{10}}, \quad (3.27)$$

де $C = RL$ – параметр клотоїди;

L – довжина ділянки кривої, $l=5м, l=10м... L$.

При підстановці в ці формули повної прийнятої довжини перехідної кривої L отримаємо координати її кінця x_K, y_K .

Для детального розрахунку та побудови клотоїди слід знайти ще додатково наступні величини:

t – віддалення від початку перехідної кривої до перпендикуляру, з центру колової кривої на смугу тангенсів, м

$$t = x_K - R \sin \beta, \quad (3.28)$$

де p – зменшення радіуса кривої – переміщення кривої, м;

$$p = \frac{L^2}{24R}; \quad (3.29)$$

R' – зменшений радіус, м

$$R' = R - p; \quad (3.30)$$

T_n – довжина нового тангенсу, м

$$T_n = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2} + t. \quad (3.31)$$

Розрахунок лівоповоротного з'їзду за схемою «лист конюшини»

На рис. 3.18 показано схему для побудови лівоповоротного з'їзду за типом «лист конюшини» з використанням в якості перехідних гальмівних кривих.

Розрахунок лівоповоротного з'їзду полягає у знаходженні точок його початку та кінця.

Знаходження довжини перехідної кривої відбувається наступним чином: спочатку знаходимо радіус R (формула 3.15), призначаємо a та $i_{відг}$; розраховуємо довжину суміщеної ділянки l (формула 3.16), довжину відгону віражу l_1 (формула 3.19), перевіряємо умову 3.15. Якщо умова не виконується, потрібно або збільшити довжину перехідної кривої L за рахунок зменшення прискорення a , або скоротити довжину відгону віражу l_1 за рахунок збільшення ухили $i_{відг}$.

Для визначення початку перехідної кривої необхідно знайти відстань AN (рис. 3.23)

Відстань AB складається з двох відрізків AC та BC і може бути визначена за формулою:

$$AB = BC + AC = R \sin \beta + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} (R \cos \beta + Y_k) . \quad (3.32)$$

Відстань OE (рис. 3.23) дорівнює радіусу R .

Відстань $AN=AN_1$ визначається за формулою

$$NA = N_1 A = AB - x_k ;$$

$$NA = R \sin \beta + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} (R \cos \beta + y_k) - x_k . \quad (3.33)$$

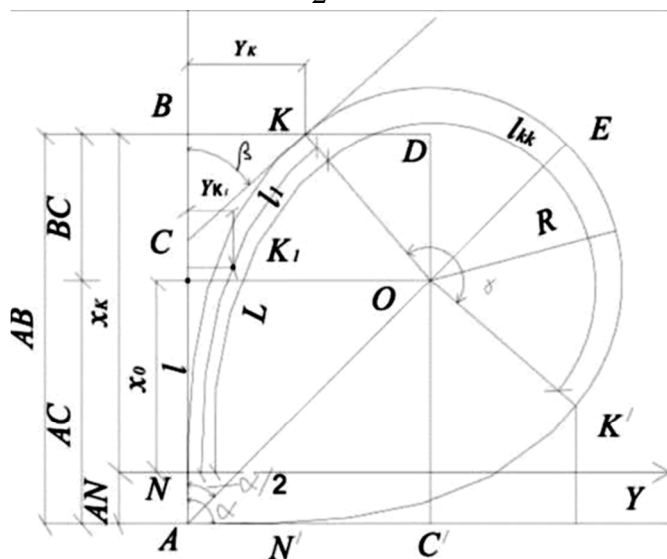


Рис. 3.23. Схема до розрахунку лівоповоротного з'їзду

Довжину колової кривої визначаємо за формулою

$$l_{kk} = \frac{\pi R_1}{180} \cdot \gamma , \quad (3.34)$$

де γ – центральний кут, який розраховуємо за формулою

$$\gamma = 180^\circ + \alpha - 2\beta . \quad (3.35)$$

У формулах 3.16–3.34 застосовується радіус з'їзду R , розрахований за формулою 3.15; α – кут перехрещення основних доріг (за завданням); β – кут повороту перехідної кривої (формула 3.22); X_k і Y_k – координати кінця перехідної кривої (формули 3.24, 3.25 при $l=L$);

Вся довжина лівоповоротного з'їзду ($S_{\text{в.д.з.}}$) визначається:

$$S_{\text{в.д.з.}} = 2L + l_{kk} , \text{ м}, \quad (3.36)$$

де L – довжина перехідної кривої; l_{kk} – колова крива.

З рис. 3.23 видно, що мінімальна потрібна довжина з'їзду в плані, в межах якої можна виконувати самостійне проектування, складається з l_{kk} і деякої частини перехідних кривих, достатніх для відгону ширини проїзної частини на з'їздах

$$S_{\text{вдз}} = l_{kk} + 2l_1 = l_{kk} + 2(L - l), \text{ м.} \quad (3.37)$$

Далі перевіряємо, чи достатня мінімальна потрібна довжина з'їзду в плані $S_{\text{вдз}}$ для проектування його в поздовжньому профілі.

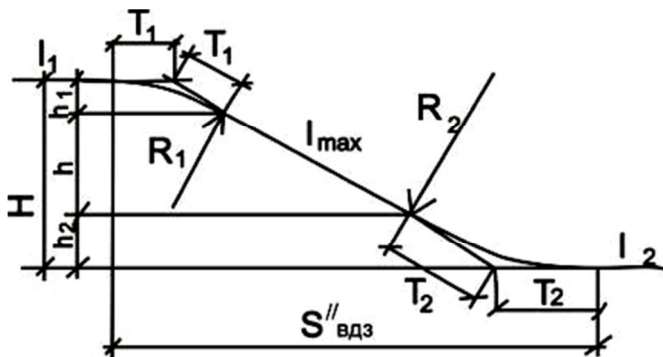


Рис. 3.24. Розрахункова схема лівоповоротного з'їзду в поздовжньому профілі

З рис. 3.24 видно, що потрібна довжина, в межах якої можна проектувати самостійний з'їзд $S''_{\text{вдз}}$, визначається умовами:

1. Можливість вписування вертикальних кривих нормативними радіусами R_1 і R_2 . Слід врахувати, що радіус опуклої кривої, необхідний для забезпечення видимості проїзної частини на задану відстань видимості, визначаємо за формулою

$$R_1 = \frac{S^2}{2h}, \text{ м,} \quad (3.38)$$

де S – розрахункова відстань видимості, м;

h – висота зору водія, 1,1 м.

Радіус ввігнутої кривої:

$$R_2 = \frac{S^2}{2(h_{\phi} + S \sin \alpha / 2)}, \text{ м,} \quad (3.39)$$

де S – розрахункова відстань видимості, м;

h_{ϕ} – перевищення центру фари автомобілю над поверхнею дороги, 0,7 м;

α – кут розсіяння пучка променів фар у вертикальній площині, складає $4 - 6^\circ$.

Відстань видимості можна визначити за формулою 3.30 або прийняти згідно табл. 5.6 ДБН В.2.3-4-2015.

$$S = v(t_p + t) + K_e \frac{v^2}{2g(\varphi_1 + f)}. \quad (3.30)$$

2. Різниця відміток між проїжджими частинами дороги на перехресті Н, м.

3. Забезпечення максимального поздовжнього ухилу з'їзду i_{\max} не більше від нормативного $i_{\max} = 40\%$.

4. Забезпечення ухилів доріг, які перетинаються, i_1, i_2 .

Потрібну довжину лівоповоротного з'їзду в поздовжньому профілі визначають за формулою

$$\begin{aligned} S''_{\text{вдз}} &= 2T_1 + 2T_2 + d = 2T_1 + 2T_2 + \frac{h}{i_{\max}} = \\ &= 2T_1 + 2T_2 + \frac{H - h_1 - h_2}{i_{\max}}, \text{ м} \end{aligned} \quad (3.31)$$

де T_1, T_2 – відповідно тангенс опуклої кривої з радіусом R_1 та тангенс ввігнутої кривої з радіусом R_2 , м

$$T_1 = R_1 \frac{i_1 + i_{\max}}{2}, \text{ м}, \quad T_2 = R_2 \frac{i_2 + i_{\max}}{2}, \text{ м}. \quad (3.32)$$

де h_1, h_2 α – відповідно висота від дороги, яка проходить по шляхопроводу до прямої ділянки, та від прямої ділянки до дороги, яка проходить під шляхопроводом, м

$$h_1 = \frac{R_1}{2} (i_{\max}^2 - i_1^2), \text{ м}, \quad (3.33)$$

$$h_2 = \frac{R_2}{2} (i_{\max}^2 - i_2^2), \text{ м}. \quad (3.34)$$

За розрахунком вся довжина з'їзду у плані $S_{\text{вдз}}$ повинна бути більша, ніж вся довжина з'їзду у поздовжньому профілі $S''_{\text{вдз}}$.

Розрахунок правоповоротного з'їзду за схемою «лист конюшини»

Розрахунок правоповоротного з'їзду полягає в знаходженні відстані від точки перетинання осей зовнішніх смуг руху доріг А до початку з'їзду М та встановленні його довжини.

Правоповоротні з'їзди слід проектувати на постійну швидкість руху, тому довжину перехідної кривої L визначають за формулою 3.21, потім за формулами 3.17 та 3.19 визначають відповідно довжину суміщеної ділянки l та довжину відгону віражу l_1 .

Перевіряють умову 3.15. Якщо ця умова не виконується, то збільшують довжину перехідної кривої або зменшують довжину відгону віражу.

За схемою правоповоротного з'їзду (рис. 3.25) визначають розміри його елементів у плані.

Віддаль між осями ліво- і правоповоротних з'їздів EF визначається, виходячи із того, що віддаль між підшвами насипів цих з'їздів повинна бути не менше, ніж 1,0 м.

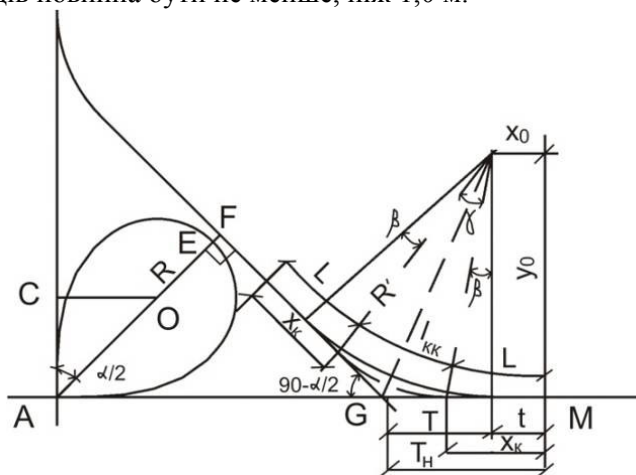


Рис. 3.25. Схема до визначення розмірів правоповоротного з'їзду в плані

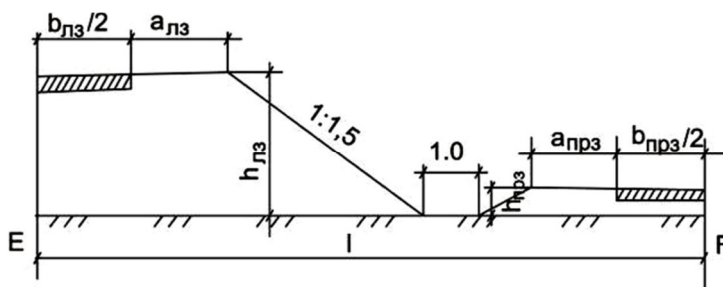


Рис. 3.26. Поперечний розріз з'їздів

З рис. 3.26 видно, що:

$$EF = 0,5 \cdot (b_{лз} + b_{прз}) + 1,0 + 1,5 \cdot (h_{лз} + h_{пр}) + a_{лз} + a_{прз}, \quad (3.35)$$

де $b_{лз}$ – ширина проїзної частини лівоповоротного з'їзду, м;
 $b_{прз}$ – ширина проїзної частини правоповоротного з'їзду, м;
 $h_{лз}$ – висота насипу лівоповоротного з'їзду, $h_{лз} = H/2 + 1$, м;
 $h_{прз} = 1,0$ м – висота насипу правоповоротного з'їзду;
 $a_{лз} = 3,0$ м – ширина узбіччя лівоповоротного з'їзду;
 $b_{прз} = 2,5$ м – ширина узбіччя правоповоротного з'їзду,
 $1,0$ – відстань між укосами.

Відстань AF можна знайти за наступною формулою

$$AF = AO + OE + EF, \text{ м}, \quad (3.36)$$

$$AO = \frac{R' \cos \beta + y_k}{\sin \alpha / 2}, \text{ м}. \quad (3.37)$$

OE дорівнює радіусу R, β – кут повороту гальмівної кривої.

$$AG = \frac{AF}{\cos \alpha / 2}, \text{ м}; \quad FG = \frac{AF}{\operatorname{tg}(90^\circ - \alpha / 2)}, \text{ м}. \quad (3.38)$$

Довжина залишкової колової кривої визначається за формулою 3.34, де γ – центральний кут, обчислюють за формулою:

$$\gamma = (90^\circ - \alpha / 2) - 2\beta. \quad (3.39)$$

Тангенс T_n складеної кривої визначається за формулою 3.31, замість α' підставляємо кут $90^\circ - \alpha / 2$.

Віддаль від точки перетинання осей перехідно-швидкісних смуг до початку правоповоротного з'їзду обчислюється за формулою:

$$AM = AG + T_n, \text{ м}. \quad (3.40)$$

Уся довжина правоповоротного з'їзду визначається формулою:

$$S_{MM_1} = 2 \cdot [FG - T_n + 2 \cdot L + l_{kk}] , \text{ м}. \quad (3.41)$$

Перевірка:

$$FG \geq T_n. \quad (3.42)$$

Правоповоротні з'їзди, зазвичай, мають велику довжину і невеликі поздовжні ухили, тому проектування їх у поздовжньому профілі згідно з нормативами проектування перехресть та примикань автомобільних доріг не створює труднощів.

3.2.3. Розв'язка «неповний лист конюшини» з трьома лівоповоротними з'їздами

За умовами ситуації на місцевості і при малій інтенсивності руху автомобілів, які повертають ліворуч і праворуч, на перетині типу «повний лист конюшини» можуть бути відсутні лівоповоротні

та правоповоротні з'їзди (наприклад, ЛПО₂ і ППО₂ (рис. 3.27).

У випадку, наведеному на рис. 3.27, для повороту праворуч автомобілем № 4 замість ППО₂ передбачається неповний правоповоротний з'їзд – відгалуження (НППО) 1, а для повороту ліворуч автомобіля № 3 замість ЛПО₂ проектується неповне лівоповоротне відгалуження (НЛПО) 2.

Для повороту праворуч автомобіль № 4 рухається по другорядній дорозі, далі повертає ліворуч на НППО і рухається по НППО, ЛПО₁ і виходить на головну дорогу.

Автомобіль № 3 для повороту ліворуч проходить по правоповоротному з'їзду ППО₁, далі по неповному лівоповоротному відгалуженню (НЛПО) 1 і повертає ліворуч на другорядну дорогу.

Проектування транспортної розв'язки «неповний лист конюшини» з трьома ЛПО включає проектування повних лівоповоротних з'їздів ЛПО (ЛПО₁, ЛПО₃, ЛПО₄), правоповоротних з'їздів ППО (ППО₁, ППО₃, ППО₄) і неповних з'єднувальних відгалужень НППО і НЛПО.

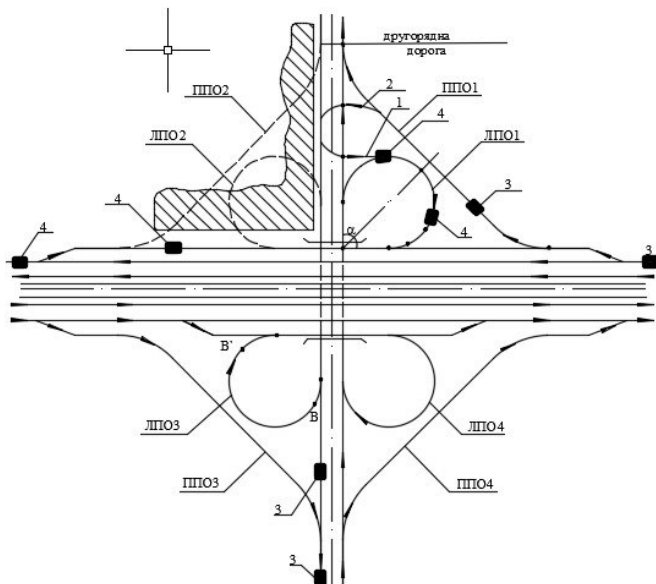


Рис. 3.27. Схема транспортної розв'язки «неповний лист конюшини» з трьома ЛПО: 1 – неповний правоповоротний з'їзд НППО; 2 – неповний лівоповоротний з'їзд НЛПО; 3 – автомобілі, що повертають ліворуч з головної дороги на другорядну; 4 – автомобілі, що повертають праворуч з другорядної дороги на головну

3.2.4. Розв'язка «неповний лист конюшини» з двома лівоповоротними з'їздами

З метою зменшення вартості будівництва транспортної розв'язки при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні можуть проектуватися тільки два повних лівоповоротних з'їзди ЛПО₁ і ЛПО₃ (рис. 3.28), призначені для повороту ліворуч з напрямку другорядної дороги АВ на напрямок головної ДС і для повороту з напрямку ВА другорядної дороги на напрямок СД головної.

Для повороту праворуч з головної дороги передбачаються модифіковані правоповоротні сполучні відгалуження МППО₁ і МППО₂. Для повороту ліворуч з напрямку ДС головної дороги на напрямок ВА використовується модифіковане правоповоротне сполучне відгалуження МППО₁, а для повороту ліворуч з напрямку СД головної дороги на напрямок АВ другорядної – МППО₃.

Для повороту праворуч з напрямку АВ другорядної дороги на напрямок ДС головної використовується неповне правоповоротне сполучне відгалуження 1 і далі по ЛПО₁.

Для повороту праворуч з повороту ВА другорядної дороги на напрямок ДС головної дороги використовується неповне правоповоротне сполучне відгалуження 1 і частина ЛПО₃, починаючи від точки N2. У точках О₂ і О₄ на другорядній дорозі проектується примикання НППО₁ і МППО до дороги АВ, що є на примиканні головної. На дорозі АВ, залежно від інтенсивності руху повертаючих ліворуч і праворуч автомобілів, можуть бути передбачені додаткові смуги (накопичувальні, розгону, гальмування).

Лівоповоротні сполучні відгалуження ЛПО₁, ЛПО₃ (рис. 3.28) проектується за методикою проектування транспортної розв'язки «повний лист конюшини».

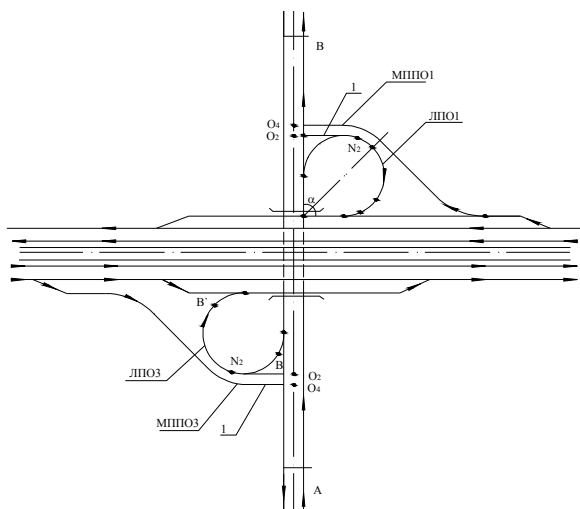


Рис. 3.28. Схема транспортної розв'язки «неповний лист конюшини» з двома ЛПО

3.2.5. Проектування модернізованих правоповоротних з'їздів

План модернізованого правоповоротного з'єднувального відгалуження (рис. 3.29) складається із заокруглення малого радіусу на ВУ1 (перехідна крива АВ, кругова ВС і перехідна СД), прямої ДН₃ та перехідної кривої.

Поперечний профіль проїзної частини – віраж на ділянках кругових кривих ВС і N4N5, а також на ділянках перехідних кривих N3N4 і N5E1, до перерізу МППО і ЛПО. На прямій ДН3 поперечний профіль односхилий з поперечним ухилом *in* убік ЛПО.

На прямій СК – суміжна проїзна частина зі смугою неповного правоповоротного з'єднувального відгалуження КЕ має двосхилий поперечний профіль. Перехід від віражу до поперечних похилів на прямих здійснюється влаштуванням відгону віражу.

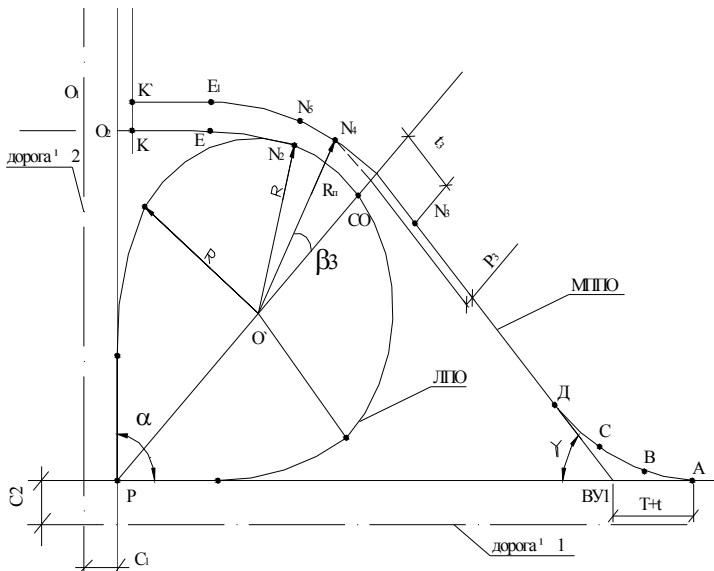


Рис. 3.29. Схема елементів модернізованого правоповоротного з'єднувального відгалуження МППО N3N4, кругової кривої N4N5, перехідної кривої N5E1 і прямої E1K

3.2.6. Розв'язка з одним лівоповоротним з'їздом

З метою зменшення вартості транспортної розв'язки можливе використання наступних схем (рис. 3.30) з одним лівоповоротним з'єднувальним відгалуженням за типом ЛПЮ на транспортній розв'язці «неповний лист конюшини», з його спрощенням, наведеним на рис. 3.31. Рух транспортних потоків у прямому напрямку доріг, що перетинаються, відбувається в різних рівнях. Точки перетину транспортних потоків також розташовані на одному лівому та одному правому поворотах. Так, на схемі, представлений на рис. 3.30 а, відсутні перетинання потоків при повороті ліворуч з напрямку СД на напрямок ВА, та при повороті праворуч з напрямку ВА на напрямок СД. На інших трьох напрямках при повороті ліворуч або праворуч відбувається перетинання потоків автомобілів, які повертають, з потоками автомобілів, що рухаються у прямому напрямку, як на примиканні доріг в одному рівні.

Для поліпшення умов руху прямого напрямку можуть застосовуватися додаткові смуги і напрямні островці. На рис. 3.30 наведена схема транспортної розв'язки з одним ЛПЮ, на якій

передбачені накопичувальні смуги завдовжки S , і напрямні островці. Обидва примикання з'єднуються за допомогою заокруглення малого радіуса (кругова та перехідні криві).

Проектна лінія ЛПО призначається з урахуванням контрольних відміток у точках K (рис. 3.31), які є точками перетину осі примикання і зовнішньої крайки проїзної частини дороги, до якої примикає ЛПО. Відмітки контрольних точок визначаються з урахуванням проектних відміток доріг, що перетинаються, з точками O_1 і O_2 , поперечного ухилу їхніх проїзних частин та її ширини на поперечниках в точках O_1 і O_2 . Найбільший поздовжній ухил проектної лінії становить 40‰.

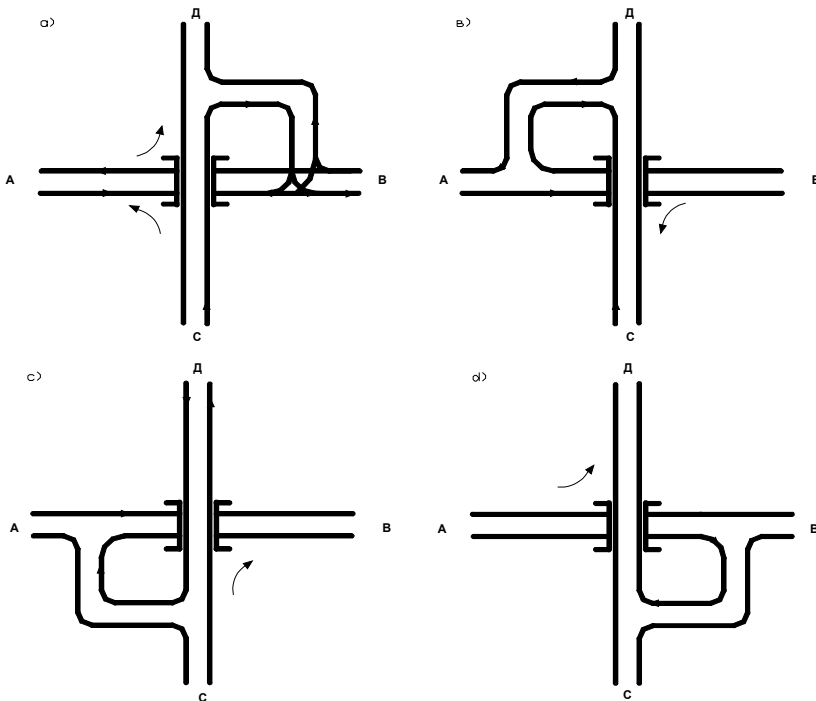


Рис. 3.30. Схеми неповних транспортних розв'язок з одним ЛПО

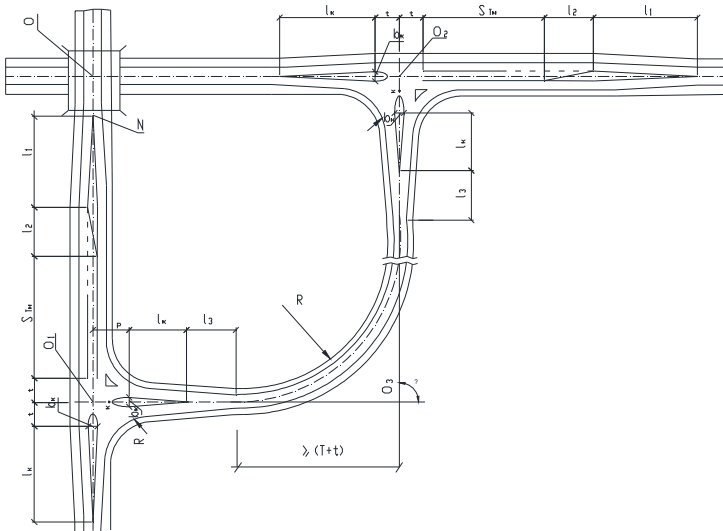


Рис. 3.31. Схема транспортної розв'язки с одним ЛПО, при наявності накопичувальних смуг та острівця безпеки

Поперечний профіль ЛПО: на ділянці кривої радіусу R розташований віраж, на перехідних кривих заокруглення малого радіусу – відгін віражу, на інших ділянках – двоскатний поперечний профіль з ухилом In .

3.2.7. Розв'язка з прямими лівоповоротними з'їздами

В місцях відгалуження лівоповоротних з'їздів від основних доріг (так саме і в місцях їх злиття), смуги прямого та зворотного руху розташовані у різних рівнях з різницею відміток між ними, що забезпечує підмостовий габарит H .

Кожний з напрямків руху проєктують на відокремленому полотні, за рахунок чого утворюється розділювальна смуга, що дорівнює відстані між внутрішніми кромками проїзної частини або між внутрішніми кромками зустрічних смуг руху, яке визначається величиною закладення укосів плюс дві ширини узбіччя (рис. 3.32 переріз I-I). Залежно від категорій доріг при $H = 6$ м і укосах 1:1,5 ця відстань становить 14-17 м, а мінімальна відстань між осями зустрічних смуг руху $D=18-24$ м.

При наближенні до центру перетину доріг друга (що розташована нижче) проїзна частина піднімається до рівня першої,

і тому відстань між внутрішніми кромками при необхідності може бути зменшена (розділювальна смуга приймає звичайні розміри або дві проїзні частини зливаються в одну). Буває доцільно в місці перетину основних доріг передбачити:

- два шляхопроводи (якщо одна з доріг має вузьку розділювальну смугу або зовсім її не має, а друга має широку розділювальну смугу);
- чотири шляхопроводи (якщо обидві дороги мають широкі розділювальні смуги).

Взагалі повна розв'язка такого типу буде мати від дев'яти до шістнадцяти шляхопроводів.

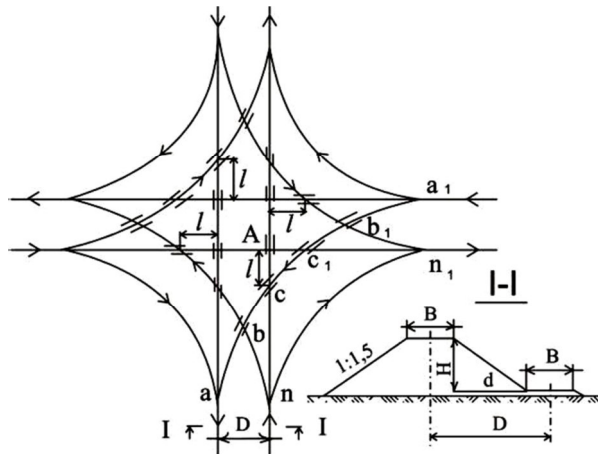


Рис. 3.32. Перехрещення з чотирма лівоповоротними з'їздами

Довжина шляхопроводу залежить від ширини земляного полотна дороги, що розташована нижче. При різниці відміток доріг, що перетинаються, $H=6$ м і укосах 1:1,5 мінімальна довжина шляхопроводів 30-35 м, тобто, за умови влаштування шляхопроводу, довжина ділянки з'їзду bc має бути не менше 30-35 м (рис. 3.33), з іншого боку величина дуги bc залежить від величини радіуса з'їзду r .

Якщо радіуси неоднакові, потрібно зменшити розрахункову величину мінімального радіусу з'їзду у плані збільшенням μ або збільшити β_2 збільшенням відстані D .

6. Довжину прямої ділянки cn можна визначити за формулами

$$cn = \sqrt{r^2 - (r - D)^2} \quad (3.46)$$

або за залежностями: $cn = r \cdot \sin \gamma$ та $an = cn + l$,

де an – від точки перетину крайніх смуг руху основних доріг до початку та кінця лівоповоротного з'їзду.

7. Довжина всього лівоповоротного з'їзду

$$L_n = aa_1 = \frac{\pi r}{180} \alpha, \text{ м.} \quad (3.47)$$

8. Вирішується питання щодо влаштування на кожному лівоповоротному з'їзді одного шляхопроводу замість двох.

9. Вирішується питання щодо розташування правоповоротного з'їзду ближче до центру перетину.

Розрахунок правоповоротних з'їздів виконується за методикою розрахунку цього елемента для «листа конюшини».

3.2.8. Розрахунок кільця з п'ятьма шляхопроводами

Такі транспортні розв'язки дуже складні в поздовжньому профілі (кільце по чергово проходить то над однією з доріг, то під другою), тому радіус кільця визначається не стільки розрахунковою швидкістю руху, скільки:

можливістю проектування у поздовжньому профілі мінімальними радіусами вертикальних кривих;

максимальними поздовжніми похилами при дотриманні необхідної різниці висот доріг, що перетинаються;

розміщенням ділянок злиття потоків;

довжини одного сектора кільця в плані Z_n і в профілі Z_e повинні дорівнювати один одному або $Z_n > Z_e$.

Для розташування підйомів та спусків і розташування вертикальних кривих призначаються радіуси, значно більші, ніж розраховані за допустимою швидкістю та поздовжнім ухилом. Особливо складно, коли дороги перетинаються під гострим кутом (для вписування правоповоротних з'їздів потрібні великі радіуси кільця).

Розрахунок кільця починається з визначення його мінімального радіуса, якій дозволяє проектувати з'їзди в

поздовжньому профілі при заданих максимальних поздовжніх ухилах i_{max} та вхідних і вихідних радіусів R_1 та R_2 .

Довжина одного сектора кільця у плані:

$$Z_n = \frac{2\pi R \alpha}{360}, \text{ м}, \quad (3.48)$$

де α – кут перехрещення доріг.

При $Z_n = Z_v$ мінімальний радіус:

$$R = \frac{180 Z_v}{\pi \alpha}, \text{ м}. \quad (3.49)$$

При $\alpha = 90^\circ$ $R = 0,64 Z_v$.

Проектування в профілі кожної чверті кільця може здійснюватися самостійно, але в кожному разі кільце і з'їзд мають бути ув'язані між собою (в кожній чверті кільця відбувається перерозподіл потоків за напрямками, для чого в середині сектора має бути ділянка cd , достатня для переплетення потоків).

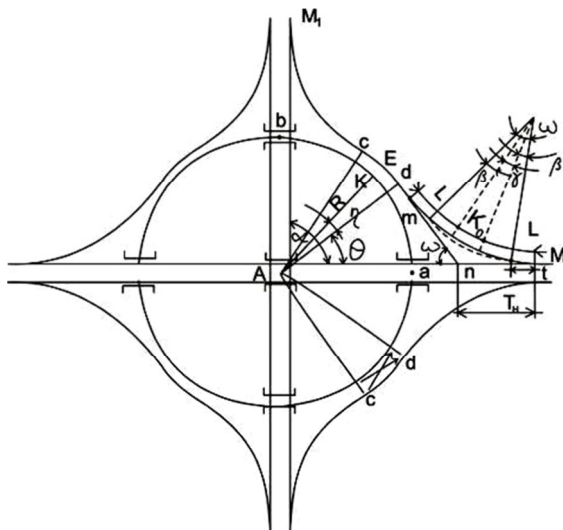


Рис. 3.34. Схема до розрахунку елементів перехрещення за типом кола з п'ятьма шляхопроводами

Ділянка cd повинна бути не менше шляху руху автомобіля за 4 с, тому $cd = 4V_p$ (V_p – розрахункова швидкість згідно класифікації розв'язки).

Тоді:

$$\eta = \frac{cd \cdot 180}{\pi(R + KE)} = \frac{229V_p}{R + KE}, \quad (3.50)$$

$$\theta = \frac{1}{2(\alpha - \eta)}, \quad (3.51)$$

$$\omega = 90 - \frac{1}{2}(\alpha - \eta). \quad (3.52)$$

Розрахунок правоповоротних з'їздів виконується за методикою розрахунку цього елемента для «листа конюшини».

Відстань $dn = (R + KE) \operatorname{tg} \theta$, де KE – відстань між віссю кільця в середині сектора К і віссю з'їзду Е, що прилягає до нього.

Контроль: $dn \geq T_n$.

Радіус кругової кривої з'їзду r , що прилягає до кільця, визначається

$$r = \frac{(R + KE) \operatorname{tg} \theta - L / 2}{\operatorname{tg} \omega / 2}, \text{ м}, \quad (3.53)$$

де L – довжина перехідної кривої (3.21), м.

Величина r , отримана за даною формулою, має максимальне значення. Крім цього, в даному типу розв'язок довга перехідна крива необхідна тільки з боку основної дороги і зовсім необов'язково має бути довгою зі сторони примикання до кільця. Ось чому, якщо радіус кільця прийнято невеликим, цю частину з'їзду можна проектувати двома перехідними кривими різної довжини (довга – з боку основної дороги, коротка – з боку прилягання до кільця [на приляганні відсутня ділянка суміщення потоків]). Таке припущення дає можливість при тому самому радіусі основної кривої зменшити тангенс складеної кривої.

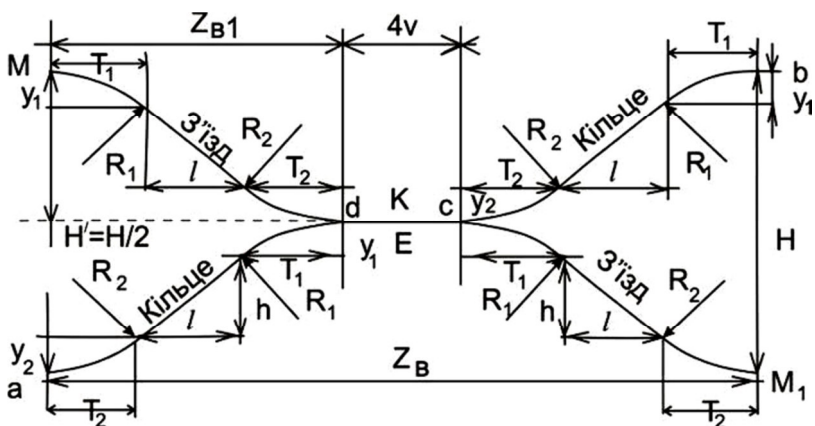


Рис. 3.35. Суміщені поздовжні профілі кільця і з'їздів

Ділянку cd проектуємо у вигляді горизонтальної ділянки одночасно на кільці і на з'їзді, що прилягає до нього.

$$Z_e = i_{\max}^K (R_1 + R_2) + \frac{H}{i_{\max}^K} + 4V_p, \text{ м}, \quad (3.54)$$

де R_1, R_2 – радіуси вертикальних опуклих та ввігнутих кривих;

i_{\max}^K – максимальний поздовжній ухил проїзної частини на кільці;

V_p – розрахункова швидкість руху, м/с;

H – висотна різниця між дорогами, які перетинаються у точках a і b , м.

Мінімальна довжина з'їду в поздовжньому профілі на ділянці від основної дороги до місця прилягання до кільця в поздовжньому профілі (Mc)

$$Z_{e1} = \frac{i_{\max}^3}{2} (R_1 + R_2) + \frac{H}{2i_{\max}^3}, \text{ м}, \quad (3.55)$$

де i_{\max}^3 – максимальний поздовжній ухил з'їзду.

Якщо ділянка дороги aM (рис. 3.35) запроектована з поздовжнім ухилом i_0 , довжина з'їзду на ділянці від основної дороги до місця прилягання кільця в поздовжньому профілі визначиться

$$Z_{e1} = \frac{R_1}{2i_3} (i_0 + i_3)(i_3 - i_0) + \frac{R_2 \cdot i_3}{2} + \frac{H \cdot i_3}{i_3}, \text{ м}, \quad (3.56)$$

де $H^1 = H/2$.

3.2.9. Розрахунок кільця з двома шляхопроводами

В таких розв'язках кільце може бути розташовано горизонтально над дорогою або під однією з доріг, що перетинаються, тому величина радіуса кільця умовами проектування самого кільця в поздовжньому профілі обмежуватися не буде. Але в плані і в поздовжньому профілі на кільці має бути суміщена двосмугова ділянка cd , що дорівнює шляху, який автомобіль з розрахунковою швидкістю V_p проїде не менш ніж за 4 секунди. Ця ділянка також має бути достатньою для перерозподілу потоків за напрямками і виконання лівого повороту.

Радіус кільця визначають з умови розрахункової швидкості.

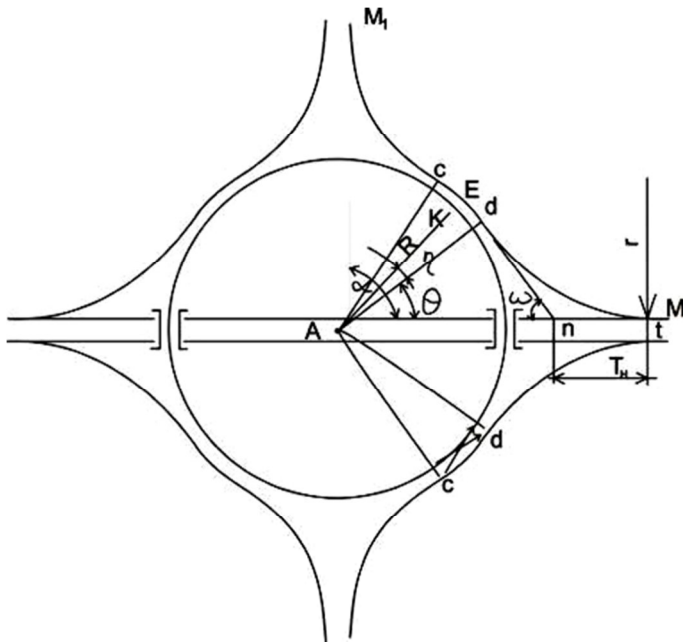


Рис. 3.36. Схема до розрахунку елементів перехрещення за типом кола з двома шляхопроводами

Радіус кругової кривої, що прилягає до з'їзду з боку транзитної дороги r , розраховують за формулою 3.53 і перевіряють за залежністю: $(T_n = T+t) \leq dn$, де T_n – тангенс складеної кривої, м.

Також перевіряють, щоб довжина з'їзду, яка прилягає до кільця у плані на ділянці Md , не перевищувала довжини цієї ділянки, необхідної для проектування його у поздовжньому профілі

(формула 3.55).

На з'їздах, які прилягають до кільця, рекомендується застосування перехідних кривих різної довжини, що дасть можливість збільшити радіуси з'їздів. Якщо радіус з'їзду r за розрахунком буде отримано таким, що не забезпечить рух автомобілів з розрахунковою швидкістю, його можна збільшити наданням колу овальної форми, витягнутої у напрямку, перпендикулярному до транзитної дороги.

Послідовність виконання розрахунків

1. Радіус кільця знаходимо за формулою 3.15.
2. Кути η , θ – формули 3.50, 3.51, кут $\omega = 90 - \theta$.
3. Відстань $dn = Rtg\theta$, м.
4. Радіус з'їзду

$$r = \frac{dn - L_1 / 2}{tg \omega / 2}, \text{ м}, \quad (3.57)$$

де L_1 – довжина перехідної кривої з боку прилягання до кола.

5. Тангенс складеної кривої:

$$T_n = r \cdot tg \frac{\omega}{2} + \frac{L}{2}, \text{ м}. \quad (3.58)$$

Контроль: $dn \geq T_n$.

6. Кут повороту β перехідної кривої на з'їздах визначаємо за формулою 3.23 (для постійної швидкості руху).
7. Довжина кругової кривої, що залишилася:

$$K_o = \frac{\pi r}{180} (\omega - \beta_1 - \beta_2), \text{ м}. \quad (3.59)$$

8. Довжина частини з'їзду на ділянці Md в плані:

$$Z_{n1} = Md = dn - T_n + L_1 + L_2 + K_o, \text{ м}. \quad (3.60)$$

9. Довжина частини з'їзду на ділянці Md в профілі $Z_{в1}$ визначається за формулою 9.54.

Контроль: $Z_{n1} \geq Z_{в1}$.

10. Повна довжина з'їзду в плані: $Z_n = 2dM + 4V_p$.
11. Відстань від центру кільця до початку з'їзду

$$AM = \frac{R + KE}{\sin \omega} + T_n, \text{ м}. \quad (3.61)$$

Оскільки радіус кільця залежить ще й від довжин ділянки cd , яка в свою чергу залежить від розрахункової швидкості, кут η розраховується при $cd = 4V_p$.

Зрозуміло, що чим більший радіус кільця, тим при меншому куті η буде забезпечена необхідна довжина ділянки злиття cd і тим більшим радіусом можна буде описати правоповоротний з'їзд.

3.2.10. Проектування поздовжніх та поперечних профілів з'їздів

Розміщення магістралей (вище або нижче) залежить від рельєфу місцевості й вирішується з врахуванням кращого забезпечення водовідведення з території транспортної розв'язки. При інших однакових умовах найбільш зручності для руху транспорту слід забезпечити на дорозі з більшою інтенсивністю руху.

У загальному випадку побудова поздовжнього профілю дороги, яка піднімається на шляхопровід, здійснюється за нормами відповідно до категорії дороги.

Мінімальна різниця відміток проїзних частин доріг, що перетинаються, на шляхопроводі визначається габаритом шляхопроводу й конструктивною висотою прогону із запасом на випадок підсилення покриття нижче розташованої дороги. З метою зручності взаємного ув'язування з'їздів і основних доріг у поздовжньому профілі проектні відмітки слід відносити до осей доріг та осей з'їздів. У такому випадку легко підрахувати, наскільки повинна відрізнятись відмітка осі з'їзду від проектної відмітки осі основної дороги на початку та в кінці з'їзду та на всій ділянці спільного проектування.

При проектуванні проектної лінії на з'їздах та основних дорогах слід виходити із потреби забезпечення водовідведення з усіх замкнутих контурів транспортної розв'язки, тому мінімальна висота насипу повинна забезпечувати влаштування водопропускних труб.

Якщо один із з'їздів запроектований у виїмці, то потрібно перевірити мінімальну віддаль видимості і при потребі зрізати внутрішній укіс.

На початку і в кінці профілю кожного з'їзду мають бути показані відповідний пікетаж основної дороги, а на профілях основних доріг – пікетаж початку та кінця з'їздів. Від точки примикання з'їздів до основних доріг на всій ділянці спільного руху проектна лінія на з'їздах повинна бути запроектована в точній відповідності з проектною лінією на основній дорозі. Поздовжні

ушили на з'їздах, а також радіуси вертикальних кривих та інші елементи мають відповідати основним нормам проектування поздовжнього профілю доріг.

Проїзну частину необхідно проектувати з двосхилим поперечним профілем на прямих ділянках доріг усіх категорій і на кривих у плані радіусом понад 3000 м для доріг I-а та I-б категорій, радіусом понад 2000 м – для доріг II та III категорій, а для доріг IV та V категорій – радіусом понад 800 м.

На кривих у плані менше зазначених радіусів слід передбачати улаштування проїзної частини з односхилим поперечним профілем (віраж) для забезпечення безпечного руху автомобілів з розрахунковою швидкістю відповідно до даних радіусів кривих і стійкості нерухомого автомобіля під час ожеледиці.

Поперечний похил проїзної частини, крім ділянок, на яких передбачається влаштування віражів, необхідно призначати залежно від матеріалу покриття дорожнього одягу. На дорогах з асфальтобетонним та цементобетонним покриттям поперечний похил проїзної частини необхідно приймати 25%.

На гравійних та щебеневих покриттях поперечний похил необхідно призначати від 25% до 30%, а на покриттях з ґрунтів, укріплених в'язучими та місцевими матеріалами, а також на бруківках з колотого та брукованого каменю – від 30% до 40%.

Поперечні похили узбіч слід призначати від 15% до 35% більше поперечних похилів проїзної частини. Залежно від кліматичних зон і типу укріплення узбіч необхідно призначати такі величини поперечних похилів:

від 30% до 40% – укріплених із застосуванням в'язучих;

від 40% до 60% – укріплених гравієм, щебнем;

від 50 % до 60% – укріплених засівом трав або одернуванням.

На всіх з'їздах у межах кривих залежно від радіуса кривої та кліматичних умов необхідно влаштовувати віраж з похилом 20-60%. Величина додаткового поздовжнього похилу зовнішньої крайки проїзної частини на ділянці відгону віражу не повинна перевищувати 10%.

Якщо дві сусідні криві в плані повернуті в один бік і прямої вставки між ними немає або її довжина не більше від двох довжин перехідних кривих, поперечний профіль протягом усієї ділянки слід призначати односхилим.

Перехід від двосхилого профілю дороги до односхилого слід здійснювати в межах перехідної кривої.

Поперечний похил зовнішнього узбіччя на віражу слід призначати таким же, як і проїзної частини дороги. Ухил внутрішнього узбіччя залишається як і на прямій ділянці, якщо він не менший, ніж похил віражу, або збільшується до похилу віражу.

Перехід від нормального похилу узбіччя при двосхилому профілі до похилу проїзної частини слід виконувати на ділянках завдовжки 10 м до початку відгону віражу.

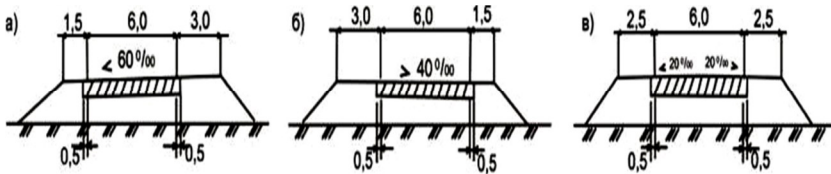


Рис. 3.37. Поперечний переріз з'їздів: а – лівоповоротних на кривих ділянках; б – правоповоротних на кривих ділянках; в – правоповоротних на прямих ділянках

3.2.11. Проектування водовідводу з території транспортної розв'язки

В проєкті вертикального планування транспортної розв'язки вирішують питання організації стоку дощових та талих вод як з поверхні проїзної частини з'їздів та основних доріг, так і з замкнених контурів, які утворюються з'їздами. Водовідвід із замкнених контурів вирішується відповідно загальному напрямку стоку води з території, на якій розташовано розв'язку.

Забезпечення відводу поверхневого стоку в межах дорожніх розв'язок на перетинаннях і примиканнях автомобільних доріг має ряд специфічних особливостей, які зумовлені:

- формою поперечного перетину примикання, з'їздів та їх різними обрисами в плані;
- наявністю замкнутих площ стікання,
- з'їздами з великими поздовжніми й поперечними ухилами;
- необхідністю розташування водовідвідних споруд не тільки у насіпті, а й у виїмці, тощо.

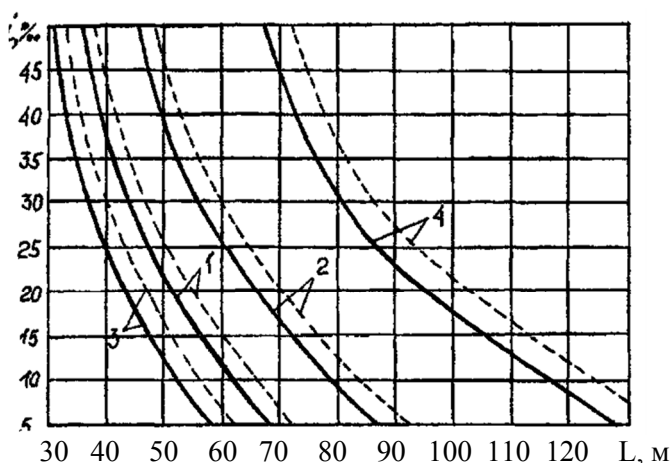


Рис. 3.38. Графік для визначення відстані між відкисними телескопічними лотками на з'їздах при узбіччях, укріплених асфальтобетонною або бітумно-мінеральною сумішами:

1-4 – номери зливових районів; i – поздовжній ухил дороги.

Суцільна крива – для лівоповоротних узбіч, переривчаста крива – для правоповоротних узбіч

Для проектування перетинань і примикань доріг потрібні гідрометрологічні обґрунтування та розрахунки за схемами водовідводу:

- 1) із поверхні з'їздів;
- 2) із замкнутих водозбірних площ між з'їздами;
- 3) при влаштуванні перетинань і примикань, розташованих у виїмках, або поблизу забудованої території;
- 4) в умовах паводкового підтоплення.

Вирішення завдань забезпечення водовідводу з поверхні з'їздів зводиться до визначення відстані між водоскидними лотками, влаштованими в укосах насипу, залежно від ширини проїзної частини та узбіччя з'їздів, поздовжніх похилих і конструкції укріплення узбіч.

Рекомендовані відстані між типовими водоскидними телескопічними лотками наведені на рис. 3.38 для випадків укріплення узбіч на з'їздах.

Організація водовідведення із замкнутих площ між з'їздами залежить від планувальних рішень влаштування дорожніх розв'язок та висотного положення доріг, які перетинаються. В загальному існує три варіанти вирішення такої схеми організації водовідводу (рис. 3.39).

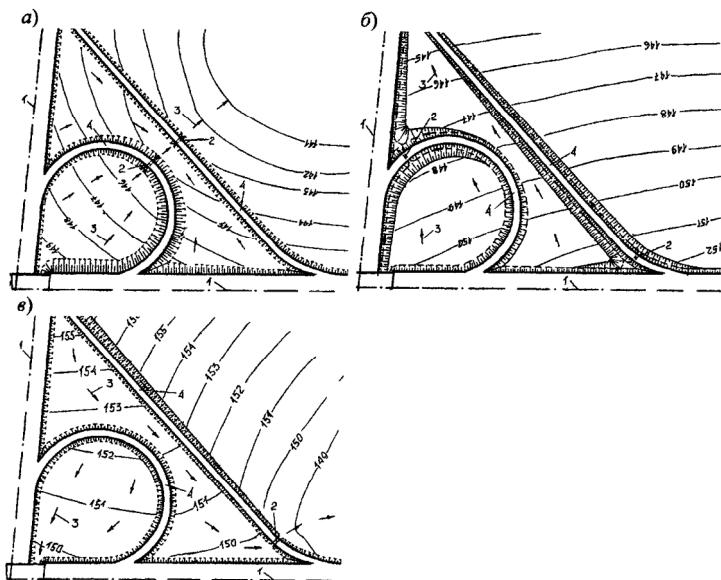


Рис. 3.39. Відведення води із замкнутих поверхонь між з'їздами на розв'язках виду «лист конюшини»: 1 – осі доріг, що перетинаються; 2 – водопропускна труба; 3 – напрямок стоку поверхневих вод; 4 – з'їзди

Варіант 1. З'їзди дорожніх розв'язок побудовані у насипах, а площі між з'їздами залишаються на рівні поверхні землі, водовідведення забезпечується влаштуванням водопропускних труб у понижених місцях замкнутих пазух і з'їздів (рис. 3.39, а). Оскільки площа замкнутого водозбору дуже мала в межах дорожніх розв'язок, водопропускні труби можна не будувати в засушливих районах, а також при ґрунтах, які забезпечують достатню фільтрацію стічних вод. В цих випадках необхідні відповідні обґрунтування і розрахунки, прийняті для конкретних умов.

Варіант 2. У випадку побудови з'їздів дорожніх розв'язок у виїмках зі збереженням площ між з'їздами на рівні поверхні землі водовідведення забезпечується влаштуванням кюветів і перепускних лотків та труб (рис. 3.39, б). Ширину кюветів і водовідвідних каналів по дну, отвори лотків і труб визначають залежно від витрат води, а тип укріплення кюветів з урахуванням їх поздовжнього ухилу й відповідної швидкості течії.

Варіант 3. Якщо за умовами забезпечення видимості необхідне зрізання ґрунту в межах площ з'їздів дорожньої

розв'язки, запроектованих у виїмках, потрібно передбачати вертикальне планування цих площ з урахуванням забезпечення водовідведення при мінімальній кількості штучних споруд і укріплювальних робіт (рис. 3.39, в).

Проектування водовідведення з території дорожньої розв'язки починається з побудови повної схеми перетинання. Спочатку стрілками показують напрямок стоку води у межах розв'язки, потім у понижених місцях розташовують водопропускні труби.

У випадках, коли неможливо розташувати у понижених місцях трубу, виконують перепланування поверхні землі між з'їздами, наприклад, засипають певні ділянки для запобігання накопиченню води (рис. 3.40).

На плані розв'язки показують дорожнє огороження, підпірні стінки, кювети, водопропускні споруди, засипку місць, де може утворюватися застій води тощо.

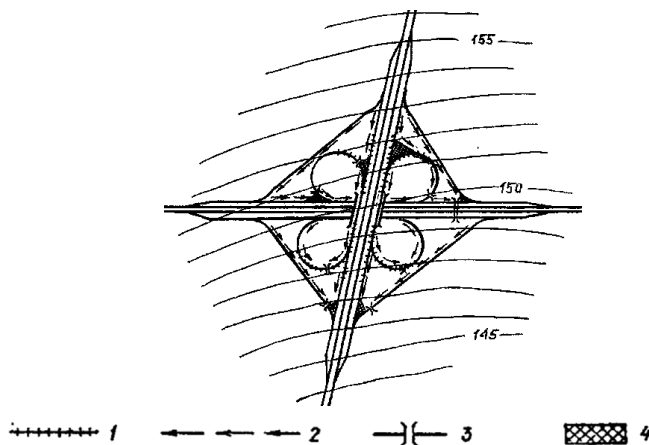


Рис. 3.40. Приклад схеми забезпечення водовідведення на перетинанні доріг у двох рівнях: 1 – ділянка дороги в насипі; 2 – напрямок стоку води; 3 – водопропускні труби; 4 – засипання місць для запобігання накопиченню води

Питання для самоконтролю

- 1. Назвіть елементи транспортної розв'язки та охарактеризуйте призначення кожного з елементів.*
- 2. Як обґрунтовуються вимоги до елементів перехідних кривих розв'язки?*
- 3. Який алгоритм розрахунку транспортної розв'язки «лист конюшини»?*
- 4. Які основні вимоги до проектування лівоповоротних з'їздів у плані?*
- 5. Які основні вимоги до проектування поздовжнього профілю лівоповоротних з'їздів?*
- 6. Які основні вимоги до проектування правоповоротних з'їздів?*
- 7. У чому полягає відмінність проектування розв'язок з елементами кільця?*
- 8. Назвіть вимоги до поперечних профілів з'їздів.*
- 9. Як забезпечується водовідведення з території розв'язки у двох рівнях?*

3.3. Особливості перетинань і примикань в населених пунктах в одному та різних рівнях

3.3.1. Класифікація вузлів міських шляхів сполучення

Умови руху на вулицях і дорогах населених пунктів об'єктивно відрізняються від умов руху на позаміських дорогах.

Відмінності полягають у наступному:

- більші об'єми руху разом із зниженням швидкості транспортних засобів;
- інший склад транспортного потоку, зокрема збільшення частки у ньому маршрутних автобусів; у великих населених пунктах у потоці часто присутні тролейбуси і трамваї; динамічні якості та габаритні параметри яких суттєво відрізняються від автомобілів;
- присутність на вулично-дорожній мережі потужних пішохідних потоків;
- значно менші, ніж на позаміських дорогах, відстані між перетинаннями та примиканнями вулиць;
- наявність зупинок маршрутного транспорту та транспортних засобів, припаркованих вздовж вулиць тощо.

Проте існують проблеми, пов'язані із перетинаннями та примиканнями вулиць в населених пунктах, такі самі, як і на позаміських дорогах, тобто вони зменшують пропускну здатність вулично-дорожньої мережі, збільшують час в дорозі, сприяють виникненню заторів та аварійних ситуацій.

Вулично-дорожні вузли у сформованих зонах населених пунктів дуже важко підлягають реконструкції, тому що в умовах щільної забудови, великої кількості інженерних мереж, обмеженості резервного простору для розширення вулиць майже неможливо забезпечити відповідність параметрів ВДМ сучасним вимогам транспортних і пішохідних потоків.

Згідно з вимогами ДБН В.2.3-5-2018 [10] вузли в одному або різних рівнях слід проектувати відповідно до категорій вулиць і доріг, що перетинаються або примикають, із врахуванням перспективної інтенсивності руху транспорту та пішоходів.

Магістральні вулиці та дороги безперервного руху повинні мати всі вузли в різних рівнях.

На магістральних вулицях і дорогах регульованого руху вузли в різних рівнях слід влаштовувати, якщо сумарна інтенсивність транспортних потоків на під'їздах до вузла перевищує 6000 авт./год або інтенсивність одного з лівих поворотів більше 600 авт./год; за меншої інтенсивності – у випадках, обумовлених рельєфом місцевості або іншими містобудівними умовами, причому допускається поетапне будівництво вузлів у різних рівнях з організацією руху транспорту та пішоходів на першу чергу в одному рівні. У цьому разі при прокладанні інженерних комунікацій, будівництві нових наземних і підземних споруд обов'язкове врахування перспективних параметрів даного вузла.

На вулицях і дорогах районного, місцевого, а в малих і середніх містах – загальноміського значення, а також на селищних і сільських вулицях (дорогах) вузли влаштовуються, переважно, в одному рівні.

За характером взаємного контакту транспортних і пішохідних потоків вузли (перетинання) шляхів сполучення у населених пунктах можуть бути розділені на три основних типи: перетинання, примикання, відгалуження.

Залежно способу організації руху вузли міських шляхів сполучення поділяються на:

вузли з організацією руху в одному рівні (нерегульовані, саморегульовані, з примусовим регулюванням руху);

вузли з організацією руху в різних рівнях (транспортні розв'язки).

За призначенням та категорією міських шляхів сполучення, що перетинаються, і характеру потоків руху (**планувально-містобудівні ознаки**) вузли класифікуються наступним чином:

1. Перетинання магістральних вулиць та доріг з рейковими шляхами сполучення (лініями трамваю, залізничними шляхами, наземними лініями метро). Перехрещення в різних рівнях в цих випадках відрізняються більшою простотою, ніж перехрещення в різних рівнях автомобільних потоків.

2. Перетинання магістральних вулиць та доріг з водними шляхами. Для таких перетинань характерними є деякі особливості в організації руху транспорту й пішоходів на підходах до мостів.

Площі займають особливе місце у вузлах міських шляхів сполучення. Організація руху на площах ускладнюється часто великою кількістю вулиць, а також більш складними маршрутами пішохідного руху.

3. Перетинання транспортних та пішохідних потоків. На перехрестях перетинання транспортних і пішохідних потоків зазвичай супроводжує взаємне перетинання транспортних потоків. У деяких випадках перетинання транспортних та пішохідних потоків може мати місце без взаємного перетинання транспортних потоків (виходи на перегонах між перехрестями).

4. Складні вузли міських шляхів сполучення. До цієї категорії належать вузли, на яких відбувається перетинання різноименних транспортних потоків, а також складні конфігурації різних потоків руху. В цих випадках, як правило, необхідне влаштування складної системи дорожньо-транспортних споруд.

Тип вузла обирається залежно від його функціональної особливості, характеристики шляхів сполучення у вузлі, наявності вільної території для будівництва перетину, величини та складу транспортних потоків за напрямками руху, наявності пішоходів.

За інтенсивністю та організацією руху транспорту й пішоходів розрізняють такі перетини:

- з нерегульованим рухом (звичайні);
- з кільцевим рухом (саморегульовані);
- з примусовим регулюванням руху (із застосуванням світлофорного регулювання);

- складні (поєднують на окремих елементах перехрестя різні схеми організації руху).

Відстані між вузлами в різних рівнях повинні бути:

- на вулицях і дорогах безперервного руху – 800–1200 м (в центральних зонах міст – не менше 600 м), регульованого руху (в межах сельбищної території) – 500–1500 м,
- між вузлами в одному рівні – 300–800 м.

Влаштування правоповоротних примикань вулиць і доріг місцевого значення до інших магістральних вулиць і доріг з регульованим рухом та до місцевих (бічних) проїздів вулиць з безперервним рухом слід передбачати на відстані не менше 100 м від найближчого вузла магістральної мережі та не менше 150 м один від одного.

Відстань між примиканнями місцевих проїздів до основної проїзної частини магістралей регульованого руху слід приймати 300–400 м і, як правило, із світлофорним регулюванням. За відстані між такими вузлами більше ніж 400 м допускається примикання на перегоні з організацією руху тільки праворуч.

У районах реконструкції допускається зменшувати відстань між вузлами в одному рівні на магістральних вулицях і дорогах регульованого руху до 200 м, а також передбачати правоповоротні примикання вулиць і доріг місцевого значення безпосередньо до основних проїзних частин вулиць безперервного руху, які не мають бічних проїздів. Відстань між такими примиканнями повинна бути не менше 300 м з обов'язковим влаштуванням перехідно-швидкісних смуг.

Вибір типу та обґрунтування рішень вузла в одному чи різних рівнях необхідно здійснювати на основі попередньо розробленої комплексної схеми організації руху на вулично-дорожній мережі міста, району чи всієї вулиці (дороги) шляхом техніко-економічних порівнянь можливих варіантів з урахуванням: категорії вулиць і доріг, що перетинаються, розрахункової інтенсивності та швидкості руху прямих і поворотних, в першу чергу, лівоповоротних потоків; зручності та безпеки руху транспорту та пішоходів, наявності вільної території та її конфігурації, рельєфу місцевості; характеру прилеглої до вузла існуючої та перспективної забудови; архітектурно-композиційних вимог; типу та розміщення підземних комунікацій; вартості будівництва та транспортно-експлуатаційних витрат; можливості

поетапного будівництва вузла та зниження впливу транспорту на навколишнє середовище.

3.3.2. Вузли в одному рівні

Вузли в одному рівні (перехрестя) за організацією та інтенсивністю руху транспорту і пішоходів класифікуються згідно з додатком Б.

Як видно з таблиці, визначальним для призначення виду та способу регулювання перетинання є категорії вулиць і доріг, що перетинаються, сумарне транспортне завантаження вузла та інтенсивність пішохідного руху.

Регульовані перехрестя слід влаштовувати у вигляді простих перехресть, за необхідності, з розширенням проїзної частини.

За умови інтенсивності лівоповоротного потоку 100-300 авт./год у кожному напрямку потрібно приймати:

1. Каналізовані перехрестя, транспортно-планувальні рішення яких повинні забезпечувати створення посередині широких вулиць з розділювальними смугами зон накопичення для лівоповоротних автомобілів (рис. 3.41);

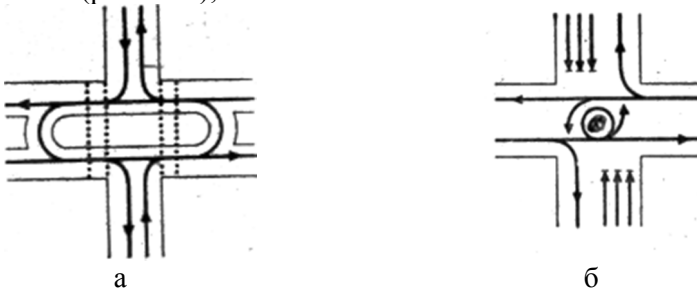


Рис. 3.41. Перехрестя з зоною накопичення для лівого повороту:
а – на широкій вулиці, б – утворенням по центру перетинання кільцевого острівка малого радіуса

2. Розширення проїзної частини з влаштуванням напрямних островців, включаючи островці розрізного типу; віднесення лівого повороту за перехрестя (рис. 3.41, а) чи подовження перехрестя з влаштуванням двох стоп-ліній (рис. 3.41, б).

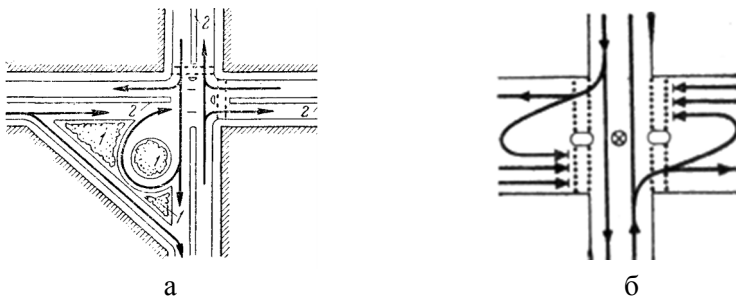


Рис. 3.42. Схеми перехресть з примусовим регулюванням:
 а – ліві повороти винесені за центр перехрестя широкої вулиці;
 б – лівоповоротні потоки спрямовуються на зелений сигнал світлофора через перехрестя, огинають останній справа острівцеві безпеки та виходять на потрібний напрямок руху

Розширення для правих поворотів і зон накопичення для лівоповоротних потоків слід влаштовувати завширшки не менше ширини смуги руху даної магістральної вулиці (дороги) і довжиною, яка визначається інтенсивністю руху, але не менше 30 м до стоп-лінії (рис. 3.43). Відгони влаштовуються на вулицях і дорогах загальноміського значення – не менше 30 м, районного значення – не менше 20 м.

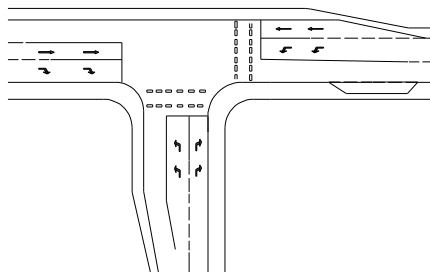


Рис. 3.43. Схема перехрестя з поширенням проїзної частини

Саморегульовані перехрестя з рухом по кільцю слід влаштовувати за порівняно однакової інтенсивності руху на вулицях і дорогах, що перетинаються або примикають, – у вигляді площі з центральним острівцем у формі кола; у разі переваги руху транспорту в одному напрямку – з центральним острівцем у формі овалу, витягнутого острівця прямокутної, трикутної або у вигляді трапеції із довжиною ділянок перестроювання не менше 25 м.

В)

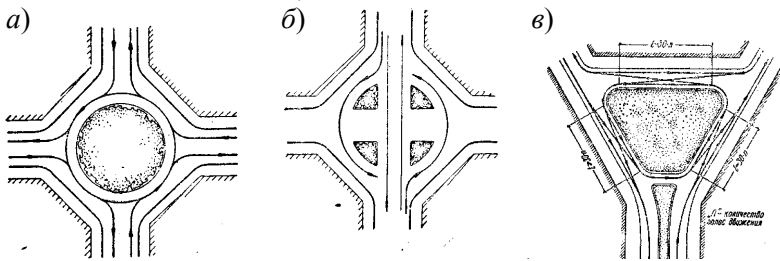


Рис. 3.44. Схеми перехресть з кільцевим рухом: а) – стандартна, б) – з організацією наскрізного руху для трамваїв або великогабаритного транспорту, в) – з центральним острівцем трапецевидної форми

Ширину проїзної частини на кільці слід приймати, виходячи з розрахункової інтенсивності та пропускної здатності смуги руху, з врахуванням розширення в межах 3,75–4,0 м. За інтенсивності, близькій до пропускної здатності однієї смуги руху, на кільці приймається не менше двох смуг руху. Для забезпечення зручного та безпечного правоповоротного руху в усіх випадках для нього слід передбачати ще одну смугу завширшки 4 м. Загальна ширина проїзної частини на кільці не повинна перевищувати чотирьох смуг руху з урахуванням розширень на кривих [10].

Розрахункова швидкість руху на кільцевих площах з метою економії території приймається у межах 30–40 км/год. Геометричні параметри кільцевих площ необхідно приймати, виходячи з розрахункової швидкості та інтенсивності руху транспорту на кільці, за таблицею 3.6.

У міських умовах часто виникає потреба вирішувати складні перетини в одному рівні (наприклад, міські транспортні площі, на які виходить п'ять та більше вулиць, або складні за конфігурацією). В цих випадках застосовують комбіновані планувальні схеми перетинань.

3.3.3. Вузли в різних рівнях

Найефективнішим способом підвищення пропускної здатності вулиць міста, покращення умов безпеки руху транспорту та пішоходів, зниження шуму та загазованості є влаштування перетинів міських шляхів сполучення з організацією руху на них у різних рівнях. Будівництво міських дорожньо-транспортних перетинів у різних рівнях слід реалізувати тоді, коли всі інші способи підвищення пропускної здатності перетинань вичерпані.

При цьому слід враховувати, що організація руху транспорту в різних рівнях на одному перетині міських вулиць (доріг) розв'язує тільки локальну задачу, що стосується конкретного вузла, а не всієї магістралі в цілому. Підвищення пропускної здатності та безпеки руху на перетині у різних рівнях, в основному, пояснюється розподілом прямих потоків по вертикалі (зняття найбільш небезпечних конфліктних точок) й будівництвом спеціальних з'їздів для потоків, що повертають.

Таблиця 3.7

Розрахункова швидкість руху, км/год	Радіус центрального ост-рівця, м	Ширина проїзної частини кільця, м	Довжина ділянки перестроювання, м	Найбільша пропускна здатність ділянок перестроювання, од/год, при швидкості руху, км/год				
				20	30	40	50	60
25	25	8,5	25	600	-	-	-	-
30	30	10,0	35	800	-	-	-	-
40	40	11,5	45	1000	1200	-	-	-
50	45	13,0	60	1200	1400	1600	-	-
60	50	14,5	70	1400	1600	1800	-	-
70	55	15,5	80	1200	1400	1600	1400	1200
80	60	16,0	90	1000	1200	1400	1200	1000

Розв'язки у різних рівнях в містах відрізняються від таких на автомобільних дорогах, у першу чергу, обмеженою площею для їхнього влаштуванні, великою складністю, пов'язаною із необхідністю перевлаштування інженерних комунікацій; необхідністю врахувати потреби пішохідного руху та руху міського пасажирського транспорту тощо.

Будівництво дорожньо-транспортного перетину в різних рівнях передбачає великі капіталовкладення. Разом із тим його економічна доцільність виправдовується економією за рахунок скорочення транспортних витрат та кількості ДТП на вузлі. Світова та вітчизняна практика накопичила великий досвід будівництва дорожньо-транспортних перетинів у різних рівнях, що дає можливість оцінити все розмаїття цих споруд у містах з метою подальшого удосконалення їхнього проектування, будівництва та експлуатації. В Україні перша розв'язка в різних рівнях була збудована у 1947 р. на перетині Набережного шосе та бульвару Дружби народів біля мосту ім. Є.О. Патона в м. Києві.

За цільовим призначенням перетини в різних рівнях можна поділити залежно від потоків руху, що потребують розв'язання:

- автомобільний рух;
- рух автомобільного та рейкового транспорту;
- автомобільний та пішохідний рух;
- рух рейкового транспорту та пішоходів;
- рух міського транспорту і пішоходів через різні природні перешкоди (річки, підвищення, яри тощо).

За конструкцією основних штучних споруд перетини в різних рівнях розрізняють:

- з влаштуванням тунелю;
- з влаштуванням естакади;
- з влаштуванням мосту;
- з влаштуванням кількох типів штучних споруд.

За ознакою висотного рішення перетинання в різних рівнях бувають у:

- двох рівнях;
- трьох рівнях;
- чотирьох та більше рівнях.

За ознакою організації лівоповоротного руху (планувальне рішення) розв'язки поділяються на перетини, в основі яких лежать:

- «лист конюшини»;
- «розподільне кільце»;
- «петля»;
- «ромб» (лінійні перетини з паралельним розташуванням правоповоротних та лівоповоротних з'їздів);
- складні перетини з відособленими лівоповоротними з'їздами; комбіновані типи перетинів з поєднанням елементів простих перехрещень.

За рівнем технічної досконалості розв'язки бувають повні або неповні.

У світовій та вітчизняній практиці містобудування знаходять широке використання всі типи перетинів у різних рівнях, за винятком складного, ромбоподібного та лінійного типів.

Різні типи перетинів мають велику кількість видів та підвидів. Кожен з них має свої переваги та недоліки. На вибір того чи іншого типу перетину впливає багато різних факторів. У різних конкретних умовах один і той самий тип розв'язки в різних рівнях може бути прийнятним або зовсім непридатним.

Що стосується загальних видів розв'язок, способів організації лівоповоротного руху, основних прийомів проектування, міські розв'язки не відрізняються від розв'язок на автомобільних дорогах.

Вузли вулиць і доріг у різних рівнях з повною й неповною розв'язками руху залежно від організації руху транспорту та пішоходів і рекомендованих розрахункових швидкостей на з'їздах поділяються на 5 класів за таблицею 1.3 (розділ 1).

На всіх перехрещеннях ліво- та правоповоротні з'їзди слід передбачати, коли розміри поворотних потоків перевищують 10% від прямого руху. За поворотних потоків менше 10%, а також в обмежених умовах реконструкції з'їзди допускається не влаштовувати, забезпечуючи повороти на найближчих перехрестях (рис. 3.45).

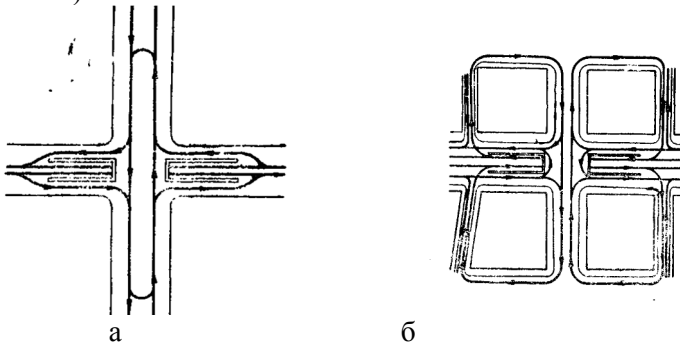


Рис. 3.45. Схема перетинання в різних рівнях з відігнанням лівих поворотів: а – навкруги кварталів; б – за межі перехрестя

Якщо поворотний рух більше 30% від прямих потоків, його слід вважати основним і проектувати відокремлено від інших напрямків. Якщо дані про розміри поворотних потоків відсутні, їх величину слід приймати такою, що дорівнює 10–15% від прямих і не вважати основними.

Вибір типу лівоповоротних з'їздів, які визначають геометричну схему вузлів (лист конюшини, кільцевидні, ромбовидні, комбіновані з відокремленими з'їздами) і примикань (листовидний і Т-подібний тип, неповний «лист конюшини», труба, кільце, трикутник), слід здійснювати з врахуванням конкретних планувальних умов і залежно від інтенсивності та дольового перерозподілу транспортних потоків за напрямками.

Для магістральних вулиць, проєктованих у забудованій частині міста, рекомендується застосовувати наступні принципові схеми розв'язок.

Перехрещення у вигляді стисненого «листа конюшини» (рис. 3.45, а) з повною або неповною розв'язкою руху залежно від розмірів і напрямку руху і габаритів перехрестя.

Такі схеми застосовуються при наявності резерву вільної площі для поширення проїзної частини на другорядній дорозі.

Якщо площа для організації перетинання недостатня, можливі варіанти, наведені на рис. 3.46. В цьому випадку транзитні потоки обох доріг не перетинаються, лівоповоротні потоки обох доріг виконують об'їзд кварталу (рис. 3.46, а) або розвертаються за межами перетинання (рис. 3.46, б)

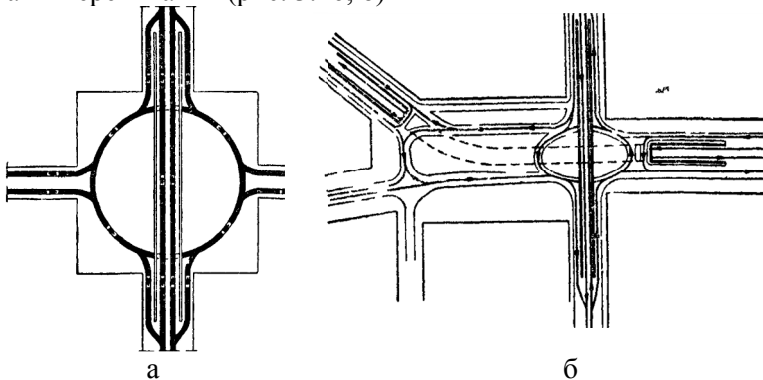


Рис. 3.46. Схема перетинання в різних рівнях із улаштуванням: а – тунелю і організацією кільцевого руху; б – естакади і організацією саморегульованого руху під нею

Схеми планування і організації руху можуть бути прийняті за умови пропуску основного руху транспорту по прямому напрямку без регулювання, а другорядного – по кільцю (рис. 3.46).

Для У-подібного прилягання може бути прийнята схема планування і організації руху, що передбачає спорудження тунелю або естакади для руху в одному напрямку (рис. 3.47). Ліві повороти за такою схемою організують за межами перехрестя.

У разі інтенсивності лівоповоротних потоків 15-30% і наявності вільної території, на вузлах II-III класів необхідно використовувати напівпрямі віднесені з'їзди, які проєктуються на кільцевих перехрещеннях та перехрещеннях у вигляді петлі у двох або трьох рівнях.

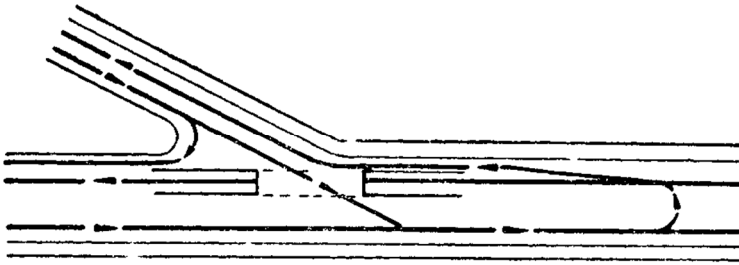


Рис. 3.47. Схема перетинання в різних рівнях

Лівоповоротні з'їзди типу «лист конюшини» слід використовувати на вузлах II, III і IV класів за інтенсивності лівоповоротних потоків менше 15%.

В обмежених умовах капітальної забудови допускається застосовувати схему «стисненого листа конюшини».

Можливе застосування комбінованих схем вузлів при різних розмірах лівоповоротного руху за напрямками та різко виражених індивідуальних особливостях забудови і рельєфу в різних частинах вузла.

Так, світлофорно-тунельна розв'язка може бути застосована у випадках суттєвого перевищення об'ємів руху одного напрямку над іншим. На головній дорозі для руху у прямому напрямку будувється тунель або естакада, для інших зберігається світлофорне регулювання (рис. 3.48).

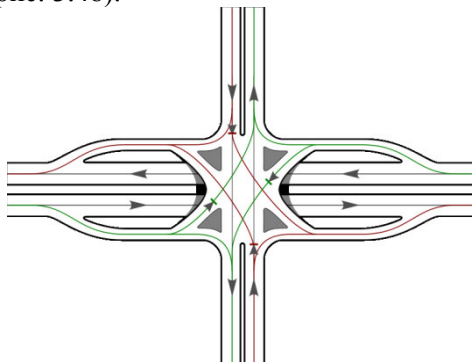


Рис. 3.48. Світлофорно-тунельна розв'язка

Така схема дозволяє виділити найбільш потужний потік без значного ускладнення для другорядного руху; забезпечує безперешкодний рух громадського транспорту; дозволяє виділити верхню зону переважно пішохідною.

Наприкінці 1960-х за кордоном у населених пунктах почали влаштовувати **накопичувальні розв'язки** на основі листа конюшини, на яких замість пари з'їздів – листків конюшини, що блокуються на ділянці переплетення лівоповоротних потоків (які з'їжджають на з'їзд та виїжджають з нього), при інтенсивному русі влаштовують окремі з'їзди. При такій конструкції в'їзди та виїзди максимально розсосереджені, що дозволяє значно збільшити пропускну здатність розв'язки. За такою конструкцією з'їзди стали довше, що дозволило збільшити радіуси з'їздів, отже, і швидкість руху по них. Розв'язка компактніша, ніж звичайний «лист конюшини», проте вимагає будівництва семи шляхопроводів (рис. 3.49).

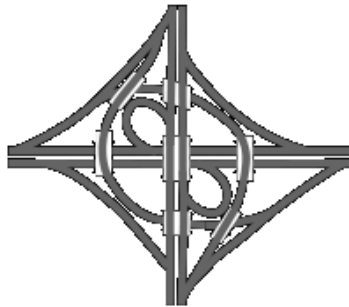


Рис. 3.49. Двохрівнева накопичувальна розв'язка типу «лист конюшини»

Ще один варіант розв'язки з великою пропускну здатністю – турбінна (рис. 3.50, а). Її називають «Вірпул», в перекладі – «завихрення». З'їзди такої розв'язки по спіралі сходяться до центру. Особливістю такої розв'язки є з'їзди з великим радіусом, що дозволяє пропускати великі об'єми руху. Зручно те, що виїзд з розв'язки розташований перед в'їздом, що полегшує перевлаштування потоків. Проте така розв'язка вимагає більше місця, має великі перепади висот на естакадах з'їздів, вимагає будівництва 11 шляхопроводів.

Кільцева розв'язка з двома прямими ходами (Кельтський хрест) (рис. 3.50, б) має три рівні, два з них – для прямих потоків, і окремий кільцевий рівень для зміни напрямків руху (лівий і правий повороти, розворот). Розв'язка зрозуміла для водіїв, компактна, може бути перевлаштована із звичайного кільцевого перетинання.

Недоліками такої розв'язки є значне обмеження швидкості руху, а також можливість конфліктів на кільці, що може призвести до заторів.

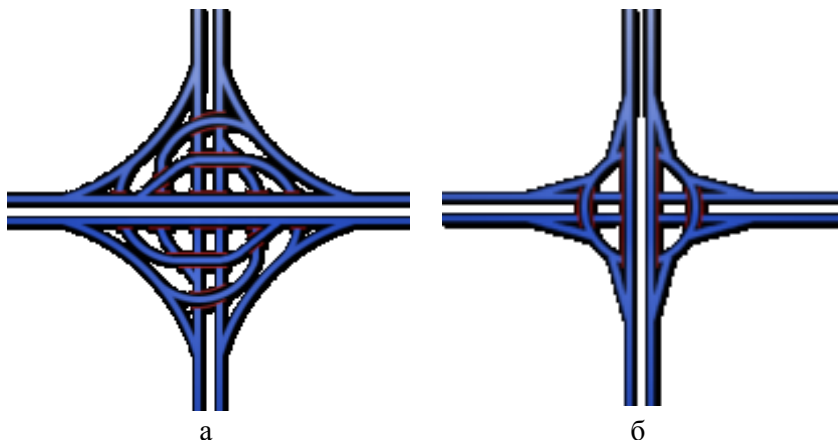


Рис. 3.50. Двохрівнева турбінна розв'язка (а) і кільцева розв'язка з двома прямими ходами (Кельтський хрест) (б)

3.3.4. Площі в населених пунктах

Для будь-якого населеного пункту обов'язковим елементом вулично-дорожньої мережі є площа. Починаючи з давніх міст, площі розглядаються як простір, необхідний для пропуску пішоходів та транспорту поблизу будівель і споруд масового відвідування, для інформування населення та обміну думками, організації народних свят і торгівлі, огляду будівель і споруд, що мають архітектурно-художню цінність.

Міські площі насамперед характеризуються значними потоками пішоходів.

Площі в населених пунктах можна класифікувати за їхнім призначенням та можливою схемою організації руху (рис. 3.51):

Громадсько-адміністративні площі:

- центральні – для загальноміських демонстрацій, парадів і широких громадських зборів, розміщення адміністративно-громадських будівель загальноміського значення, а в столичних містах і державного значення;
- районні – розміщення адміністративно-громадських будівель районного значення; меморіальні – перед історичними будівлями і монументами;
- площі перед значними громадськими будівлями і спорудами масового відвідування: театрами, музеями, стадіонами, парками культури та відпочинку, промисловими підприємствами;

– площі житлових районів зі скверами для короткотермінового відпочинку і перебування дітей. Такі площі особливо доцільно влаштовувати в старих містах при їхній реконструкції з розуцільненням житлової забудови шляхом знесення зношеного малоцінного житлового фонду.

Транспортні площі:

- розподільчі – для розподілу транспортних потоків у місцях перетинання магістральних вулиць і доріг з великою інтенсивністю руху;
- передмостові – перед значними мостами;
- вокзальні площі – перед вокзалами залізничного, водного і автомобільного транспорту;
- площі торговельних центрів і ринків;
- площі в промислових районах із розміщенням на них громадських і культурно-побутових будівель (клубів, кінотеатрів, універмагів, ресторанів, кафе та ін.);
- площі-автостоянки.

Розміри площі та система організації руху на ній встановлюються відповідно до її призначення, положення в плані міста, розміщення відносно магістральних вулиць і загальної архітектурно-планувальної композиції. Площі всіх видів повинні мати благоустрій, що відповідає благоустрою вулиць, які вливаються в площу. В тих випадках, коли до площі примикають вулиці різних категорій, благоустрій площі за своїм рівнем має відповідати вулиці вищого класу.

Місцеположення центральних, а також районних громадсько-адміністративних площ у системі магістральних вулиць має бути поза транспортними вузлами, щоб уникнути проходження через площу значних транспортних потоків, які не пов'язані з діяльністю розміщених на ній установ. Меморіальні площі доцільно розміщувати в комплексах загальноміських або районних центрів, а також в місцях, що пов'язані з історичними подіями, яким присвячені меморіали. Ці площі мають бути добре озеленені та ізольовані від руху міського транспорту.

Площі перед значними громадськими будівлями масового відвідування (театрами, стадіонами, парками, промисловими підприємствами) слід розміщувати «в кишені» відносно магістральних вулиць. Вони повинні мати відповідні розміри і мають бути озеленені.



Рис. 3.51. Класифікація міських площ

Транспортні площі – розподільчі й передмостові – характеризуються тим, що на них переважає транспортний рух. Пропуск великих пішохідних потоків небажаний.

Розподільчі площі створюються на перетинах найбільш важливих магістральних вулиць. Найкращою в транспортному відношенні формою розподільної площі є кільцева з нерегульованим рухом.

Передмостові площі влаштовуються з організацією руху в одному рівні або в різних рівнях із магістральними вулицями, що проходять уздовж водоймища.

Вокзальні площі є місцем стикування між зовнішнім і внутрішнім міським транспортом.

Основні вимоги до вокзальних площ такі:

легке орієнтування пасажирів при під'їзді і підході до вокзалу або при виході з нього;

найкоротший підхід від виходів із вокзалу до зупинок міського громадського транспорту, до стоянок і назад;

мінімальна витрата пасажиром часу на вокзальній площі.

Площі торговельних центрів і ринків розміщуються в житлових районах поблизу від магістральної вулиці, але не безпосередньо на ній. Пропускання крізь торговельні центри магістралей з великим рухом вкрай ускладнює транспортну роботу магістралей через місцеві транспортні та пішохідні потоки, що пов'язані з торговельним центром.

Площі в промислових районах мають характер площ районного значення, і їх слід розміщувати поза транспортними вузлами, щоб запобігти проходженню через площу великих транспортних потоків, що не пов'язані з діяльністю розміщених на площі установ і обслуговуючих підприємств.

Площі-автостоянки із збільшенням кількості автомобілів набувають суттєвого значення. В старих, історично сформованих містах із щільною капітальною забудовою через відсутність вільних територій доводиться йти на будівництво підземних багатоярусних автостоянок, що розміщуються під значними громадськими будівлями, площами або скверами.

В усіх випадках вибір типу транспортного вузла є справою дуже складною і відповідальною. Вирішуватися це питання повинно на основі ретельного вивчення всіх умов та глибокого техніко-економічного обґрунтування.

При проектуванні площ потрібно враховувати наступні особливості руху транспорту та пішоходів:

- на головних площах передбачається переважний рух пішоходів, транзитний рух транспорту не допускається;
- на площах перед значними громадськими будівлями і спорудами масового відвідування місцевий і транзитний рух транспорту повинні бути розділені в одному або двох рівнях;
- на транспортних і передмостових площах слід передбачити переважно транзитний рух транспорту;
- на площах багатофункціональних транспортних вузлів передбачається переважно під'їзний рух транспорту і рух пішоходів при пересадці;
- на вокзальних площах передбачається транзитний і під'їзний рух транспорту з чітким розподілом за напрямком.

3.3.5. Проектування міських перетинань та примикань

Основним завданням проектування перетинань є організація пропуску транспорту і пішоходів по вулицях, що утворюють перетинання, з найменшими витратами часу та найбільшою безпекою.

Для вирішення цього питання в процесі проектування міського вузла необхідно:

- визначити кількість смуг руху і відповідно встановити ширину проїзних частин в межах перетинання;
- забезпечити видимість шляху для водіїв транспортних засобів;
- встановити трасу та ширину пішохідних переходів;
- визначити так звані «мертві зони», що не використовуються транспортом, для розташування островців безпеки та регулювання;
- розташувати пункти зупинок міського пасажирського транспорту (автобуса, тролейбуса, трамвая). При цьому потрібно пам'ятати, що зупинкові пункти трамвая краще влаштовувати перед перетинанням, тоді як автобусні і тролейбусні – після перетинання.

Правильне вирішення завдання проектування перехресть в процесі реконструкції базується на вмінні зібрати та проаналізувати фактичний матеріал про обсяги та характеристики руху по вулицях, що перетинаються або примикають.

Недоцільно доводити забудову кварталів по кутах впритул до червоних ліній, як це зазвичай буває у містах. Правильність розміщення кутової забудови у зв'язку із сучасними вимогами дорожнього руху – одна з обов'язкових умов проектування вулиць, зокрема перетинань.

Планувальне рішення перехрестя повинне полегшувати умови руху транспорту і пішоходів, маючи на увазі швидкість руху і його безпеку. Для того, щоб уникнути ймовірних аварій, водій повинен мати можливість бачити не тільки саме перетинання, а й частину вулиці, що перетинається.

Не слід допускати на перехрестях, що регулюються, рекламоносіїв із використанням червоних, жовтих та зелених кольорів.

Зрізування кутів забудови, окрім покращання оглядовості, дає змогу одночасно розширити тротуар на перетинанні, що завжди бажано в зв'язку із накопиченням на цій ділянці пішоходів.

Слід розрізняти випадки переважного повороту легкових або важких автомобілів (тролейбусів, автобусів, автопоїздів). Це потрібно, зокрема, для проектування плану заокруглення борту на кутах вулиць, визначення трас пішохідних переходів. Заокруглення повинні забезпечувати поворот автомобіля без заїзду на смугу зустрічного руху або тротуар.

Легкові автомобілі можуть повертати без зниження швидкості руху, якщо радіус повороту не менше 30 м.

Пішохідні переходи доцільно віднести на 3–4 м в глиб вулиці. Напрямок переходу слід обирати так, щоб пішохід завжди бачив автомобіль, який повертає.

Перехід пішоходів має бути організований за найкоротшою траскторією по відношенню до головного напрямку автомобільного руху.

Для організації безпечного руху пішоходів при перетинанні вулиць, ширина яких перевищує 15 м, на перехресті обладнують острівці безпеки. Острівці мають бути підняті відносно проїзної частини на 0,15 м. Їх влаштовують з гранітних або залізобетонних матеріалів для покращання видимості в темну пору доби, на вертикальну поверхню облямівки наносять дорожню розмітку 2.7. Острівці не повинні заважати рухові або зменшувати пропускну здатність перетинання.

Острівці безпеки влаштовуються однаковими з шириною центральної розділювальної смуги, а в умовах її відсутності – завширшки не менше 2 м за рахунок звуження смуги руху до 3,25 м на магістральних вулицях і дорогах загальноміського та районного значення, а також за рахунок смуг озеленення і тротуарів. У випадку розширення проїзної частини у бік червоних ліній довжина ділянок розширення приймається не менше 40 м, мінімальний радіус заокруглення захисних елементів – 1 м. Довжину острівців слід приймати такою, що дорівнює ширині пішохідного переходу.

На вузлах у різних рівнях елементи ліво- і правоповоротних з'їздів повинні розраховуватися і призначатися, виходячи з рекомендованої розрахункової швидкості на з'їздах, за табл. 1.3.

За інтенсивності кожного з поворотних потоків до 15% і 30% від розрахункової інтенсивності транспортного потоку на під'їзді до вузла в одному напрямку розрахункова швидкість руху на з'їздах може бути знижена відповідно на 20 і 10% від швидкості основних потоків.

У гірських умовах і в умовах реконструкції для III класу вузлів допускається приймати розрахункову швидкість на ліво- і правоповоротних з'їздах, незалежно від величини поворотного потоку, 30 км/год, а для IV і V класів – відповідно 20 і 15 км/год. Для ліво- і правоповоротних потоків, що регулюються, розрахункова швидкість руху на з'їздах допускається в межах 10–15 км/год.

Найменші радіуси горизонтальних кривих на з'їздах потрібно встановлювати згідно з розрахунковою швидкістю в середній частині з'їздів і похилу віражу за таблицею 3.8.

Таблиця 3.8

Найменші радіуси горизонтальних кривих на з'їздах міських розв'язок

Розрахункова швидкість руху в середній частині з'їздів, км/год	Найменші радіуси, м, за умови поперечного похилу віражу, ‰				
	20	30	40	50	60
15	12	12	12	-	-
20	15	15	15	15	15
30	35	35	35	35	30
40	65	65	60	55	55
50	110	105	100	95	90
60	160	150	140	135	130

На з'їздах міських розв'язок у різних рівнях, як правило, здійснюється змішаний рух транспорту і не дозволяється обгін, через що розрахункова швидкість руху на них не повинна перевищувати 60 км/год.

За наявності ділянок перестроювання у межах вузлів найменшу їх довжину слід приймати, виходячи з рекомендованої розрахункової швидкості руху в середній частині з'їзду.

На прямих напрямках у вузлах найменші радіуси кривих у плані та поздовжньому профілі, а також найбільші поздовжні та рекомендовані поперечні похили слід призначати за тими самими умовами, що й на перегонах.

На всіх з'їздах з похилом віражу 20–60‰ збільшення поздовжнього похилу зовнішнього краю проїзної частини на ділянці відгону віражу не повинне перевищувати 10‰.

Радіуси вертикальних опуклих і угнутих кривих на з'їздах необхідно визначати відповідно до рекомендованої розрахункової

швидкості руху на з'їздах. На прямих ділянках поздовжні похили допускається призначати на 10‰ більше, ніж максимально допустимий похил на основних напрямках магістральних вулиць і доріг.

У межах заокруглень з'їздів, починаючи з радіуса 50 м, граничні поздовжні похили слід знижувати. За величини радіуса 50 м гранична величина знижується на 10‰, а на кожні додаткові зниження величини радіуса заокруглення на 5 м слід зменшувати додатково граничну величину поздовжнього похилу на 5‰. На вузлах у різних рівнях кількість смуг руху на з'їздах слід визначати, виходячи з перспективної інтенсивності руху та пропускної здатності однієї смуги, залежно від розрахункової швидкості, а також умов руху в межах з'їзду, на ділянках відгалужень і приєднань до прямих напрямків згідно з табл. 3.8.

Якщо розрахункова інтенсивність на з'їзді більша, ніж пропускна здатність однієї смуги, слід передбачати двосмугові з'їзди. Ширину проїзної частини односмугових з'їздів слід призначати 6,0 м – однаковою за всією їх довжиною без додаткового поширення з урахуванням можливості об'їзду за вимушеної зупинки автомобіля.

Проїзну частину односторонніх з'їздів за радіусів більше ніж 150 м і проїзну частину двосторонніх з'їздів слід призначати з урахуванням розширення кривих аналогічно вимог до звичайних ділянок вулиць.

Таблиця 3.9

Пропускна здатність смуг руху у межах з'їзду

Розрахункова швидкість руху, км/год	Пропускна здатність смуги, приведених авт./год, при русі в межах з'їздів		
	Безперервном у	Регульованому	Само-регульованому
70-90	1000	700	550
40-70	1200	800	600
20-40	1400	900	700
15-20	1200	800	600

У разі проектування на з'їздах двох зустрічних напрямків руху проїзну частину кожного з них слід влаштовувати у вигляді відокремленої смуги або ж у вигляді загальної проїзної частини з розділювальною смугою не менше 2 м.

За наявності на з'їздах пішохідного руху необхідно передбачати тротуари завширшки не менше 2,25 м. У випадку відсутності пішохідного руху влаштовуються службові тротуари завширшки не менше 1,0 м (одна смуга руху – 0,75 м і, за можливості, запобіжна смуга шириною 0,25 м).

У місцях примикання та розгалуження поворотних з'їздів за різниці між розрахунковою швидкістю на магістралях безперервного руху та рекомендованою розрахунковою швидкістю на з'їздах більше 30 км/год слід передбачати перехідно-швидкісні смуги завдовжки відповідно діючого ДБН.

За умови інтенсивності лівоповоротного потоку на вузлах І–ІІ класів більше 30% від прямого руху, потрібно використовувати прямі та напівпрямі з'їзди через центр вузла з улаштуванням трьох-чотирьох рівнів перехрещень.

Вибір рішення в різних рівнях проводиться залежно від категорій вулиць і доріг, що перетинаються, перспективних розмірів руху по напрямках, будівельної вартості і експлуатаційних витрат.

Висотний габарит на швидкісних дорогах і загальноміських магістралях рекомендується приймати 5 м.

З урахуванням будівельної висоти конструкції різниця висотних відміток між проїзними частинами різних рівнів повинна прийматися 6–6,5 м. При спорудженні перетинів в різних рівнях для руху легкових автомобілів і суспільного транспорту (одноповерхові тролейбуси і автобуси) висотний габарит може бути зменшений до 4,5 м.

Ширина проїзної частини на перетинаннях в різних рівнях в тунелях і на естакадах встановлюється відповідно до об'ємів руху транспорту і пропускної здатності при встановленій швидкості, без влаштування зупинкової смуги.

Влаштування розв'язок у двох рівнях, зокрема із застосуванням тунелів та естакад, дає змогу забезпечити безперебійний рух на головних магістралях міст. Проте слід зважати на те, що розв'язання транспортної проблеми на окремому перетинанні не дасть змоги вирішити проблему в цілому, оскільки, проїхавши одне перетинання в різних рівнях, транспортний потік неминуче буде затриманий на наступному перетинанні в одному рівні.

Для значного підвищення швидкості руху міського транспорту і збільшення пропускної здатності ВДМ необхідно

забезпечити можливість проїзду без затримок не тільки одного перетинання, а й всіх наступних на основній магістралі міста.

Розподіл рівнів на всіх перетинаннях дає змогу утворити вуличну магістраль, яка забезпечує максимальну рухливість і безперерійність руху транспортних потоків. На такій магістралі відсутня необхідність зупинок і частих змін швидкості руху, значно зменшуються транспортні витрати; відповідно, тривалість поїздок також зменшується.

Питання для самоконтролю

1. *Як класифікуються вузли міських шляхів сполучення?*
2. *Які основні принципові схеми дорожньо-транспортних вузлів?*
3. *За якими показниками класифікуються перетини міських вулиць (доріг) в одному рівні?*
4. *За якими ознаками класифікуються перетини в різних рівнях?*
5. *Які способи здійснення лівого повороту на розв'язках в одному рівні?*
6. *Які способи здійснення лівого повороту на розв'язках у двох рівнях?*
7. *Як міські площі поділяються за функціональним призначенням?*
8. *Які вихідні дані є першочерговими при проектуванні міського вузла?*
9. *Чим відрізняється проектування вуличних вузлів від вузлів на автодорогах?*

Розділ 4. Перетини автомобільних доріг з іншими шляхами

4.1. Перетинання з велосипедними та пішохідними шляхами на дорогах загального користування

Протиріччя між водіями автомобілів та пішоходами, водіями автомобілів та велосипедистами існують спокон віку: пішоходи прагнуть переходити дорогу там, де їм зручно, витрачаючи на це як найменше часу та сили, водії хочуть їздити безперешкодно із достатньою швидкістю.

Пішоходи часто не враховують, що автомобіль неможливо раптово зупинити, особливо на ділянці спуску та ще й на слизькому покритті, водії автомобілів можуть вчасно не помітити пішохода або велосипедиста на неосвітленій ділянці дороги, особливо, якщо він у темному світлопоглинальному одязі, а велосипед не обладнаний фарами та світлоповертачами.

На ділянках місцевих доріг (IV або V категорій) зниження швидкості руху у населених пунктах цілком виправдане: водії долають відносно невеликі відстані, прямуючи від одного села до іншого або від райцентру до села, рух невеликим містечком або селом зі швидкістю 50 км/год ненабагато збільшує загальний час перебування у русі.

Інша справа на ділянках магістральних доріг: економічно недоцільно, долаючи за добу відстань наприклад, від Києва до Львова, або від Києва до Одеси, їхати 50 км/год. Проте, більшість ділянок доріг М06 та М-05 проходить через населені пункти, і від водіїв вимагається обмеження швидкості руху.

Діючі норми на проектування доріг [9] передбачають проектування і будівництво доріг загального користування III категорій і вище за межами населених пунктів, але нових доріг в Україні, практично, не будують.

В ході капітальних ремонтів магістральних доріг (М-01, М-05, М-06 тощо), там, де це було можливо, вздовж забудови було влаштовано місцеві проїзди та споруджено надземні пішохідні переходи, відстань між якими (згідно ДБН, що діяли на той час) становить 600–800 м.

Згідно діючого ДБНа [9], пішохідні переходи у різних рівнях в населених пунктах через дороги I-ої та II категорії передбачаються при інтенсивності пішохідного руху в години

«пik» понад 200 пішоходів за годину, а за відповідного обґрунтування дозволяється переходити влаштовувати в одному рівні із облаштуванням світлофорами та іншими технічними засобами. Світлофорне регулювання у таких випадках встановлюють виключної дії для пішоходів.

Світлофорне регулювання вимагає суттєвого зниження швидкості руху транспортних потоків, що допустимо з точки зору забезпечення безпеки руху, але знижує економічну ефективність автомобільних перевезень та негативно сприймається водіями; заборонний сигнал світлофора часто-густо водії помічають занадто пізно.

У главі 1 цього посібника було проаналізовано класи та типи розв'язок на автомобільних дорогах загального користування та у містах і населених пунктах. Зокрема, йшлося про відповідні вимоги нормативних документів щодо транспортно-пішохідних перетинів в одному та різних рівнях.

Розглянемо більш ґрунтовно, яким чином слід забезпечувати можливість для пішоходів та велосипедистів перетинати автомобільні дороги.

4.1.1. Транспортно-пішохідні перетини в одному рівні

Для забезпечення безпеки руху на транспортно-пішохідних перетинах водному рівні потрібно:

- дати можливість водіям та пішоходам (велосипедистам) вчасно побачити один одного;
- забезпечити найкоротшу траєкторію руху пішоходів (велосипедистів) через проїзну частину.

Забезпечення видимості на перетинаннях доріг велосипедними та пішохідними шляхами

Забезпечити видимість – дати можливість вчасно побачити, у першу чергу, водію автомобіля, що велосипедист або пішохід мають намір перетнути дорогу.

Чому саме водію? – перетинаючи дорогу переходом, пішоходи:

- а – мають перевагу в русі;
- б – не завжди можуть правильно оцінити швидкість автомобіля, що наближається, та відстань до нього, особливо у темну пору доби.

Забезпечення видимості підходів до переходу та самого переходу дасть змогу водію вчасно зменшити швидкість, аби не створити перешкоди чи небезпеки для пішохода.

Діючи норми передбачають забезпечення видимості пішохода, що має намір перетнути дорогу, ($S_{вп}$), коли той перебуває на відстані S_p відносно крайки проїзної частини, залежно від дозволеної швидкості руху, наведені на рис. 4.1, та в табл. 4.1.

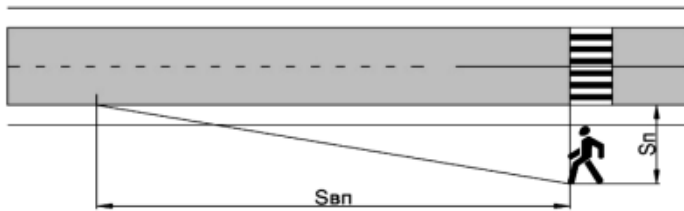


Рис. 4.1. Схема забезпечення видимості на нерегульованому наземних пішохідних переходах, пересіченнях з велодоріжками

Таблиця 4.1

Вимоги до видимості на нерегульованих наземних пішохідних переходах, пересіченнях з велодоріжками

Найменування	Параметри		
Дозволена швидкість руху транспортних засобів, км/год	110	90	50
Відстань видимості на пішохідному переході, $S_{вп}$, м, не менше ніж,	250	175	70
Розташування пішохода відносно крайки проїзної частини, S_p , м	На рівні брівки земляного полотна		10

Велосипедні доріжки в зоні перетинання та примикання доцільно виносити за межі земляного полотна. Особливо це важливо, коли наявні додаткові смуги для правого повороту.

При проектуванні велосипедних доріжок паралельно головній дорозі бажано виконувати перетинання з другорядною дорогою на певній відстані від головної (рис. 4.2, а).

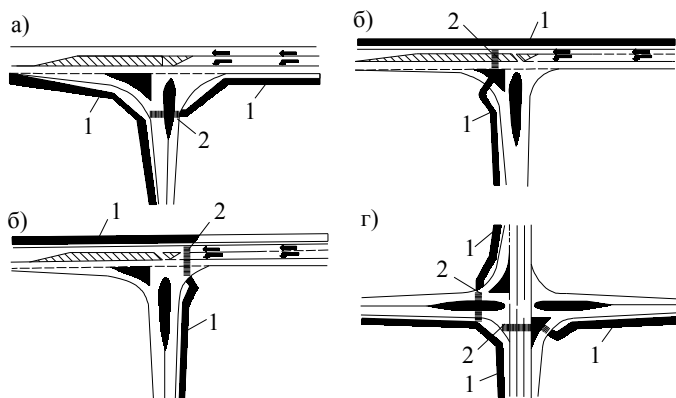


Рис. 4.2. Схеми прокладання велосипедних доріжок у зонах перетинань:
1 – велосипедна доріжка або тротуар; 2 – пішохідний перехід

Перетинання велосипедними доріжками другорядних доріг бажано виконувати під прямим кутом і прокладати через краплеподібний острівець (тільки не через трикутний острівець); бордюр острівка потрібно заглиблювати на ширину велосипедної доріжки (рис. 4.2, а, г).

Перед проїзною частиною доріг, не менше ніж за 5 м, велодоріжка повинна мати пряму ділянку, щоб велосипедист міг вільно орієнтуватися і не відволікатися на їзду по кривій.

Переходи велодоріжок через головні дороги проектують, по можливості, через острівець трикутної форми (рис. 4.2, б), не допускаючи перетинання смуги для лівого повороту з головної дороги. Для виключення проїзду між автомобілями, що очікують на рух, велодоріжку розташовують перед лівоповоротною смугою головної дороги (рис. 4.2, в, г).

Можливе суміщення велосипедних та пішохідних доріжок, при цьому довжину шляху для руху пішоходів слід проектувати як найменшою.

На рис. 4.3, а наведено приклад організації руху пішоходів на початку населеного пункту (в якому діє обмеження швидкості до 50 км/год) [15]. Як засіб уповільнення швидкості руху та інформування водія про зміну умов руху передбачено влаштування напрямних острівці між смугами руху протилежних напрямків. Для водіїв, що виїжджають за межі населеного пункту, ані ширина, ані напрям руху не змінюються (рис. 4.3, а). На рис. 4.3, б приклад

пішохідного переходу в межах населеного пункту на дорозі загального користування.

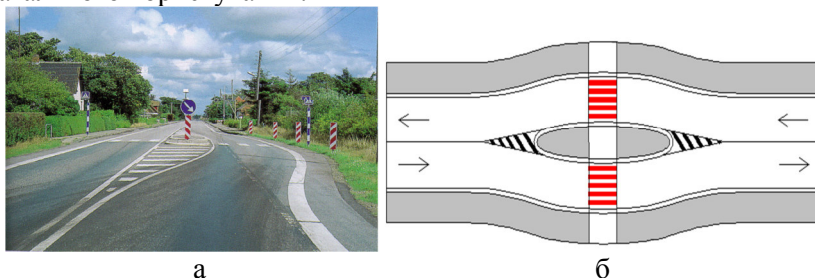


Рис. 4.3. Пішохідний перехід на двосмуговій дорозі загального користування

На рисунку 4.4 наведено приклад пішохідного переходу через проїзну частину дороги з розділювальною смугою. За допомогою дорожнього огородження для привертання уваги пішоходів траєкторію їх руху спрямовують у напрямку зустрічного транспорту.

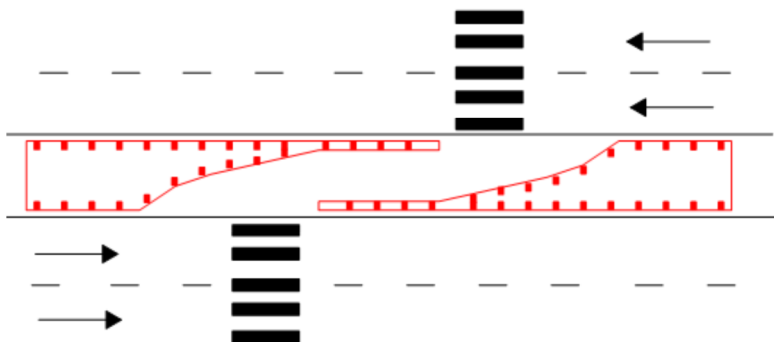


Рис. 4.4. Пішохідний перехід на дорозі з розділювальною смугою

Згідно нормативів [9, п. 12.3.6] на підходах до пішохідних переходів на автодорогах I-б та II категорій обов'язково влаштовується на узбіччі пішохідне огородження на відстані не менше ніж 50 м в кожен бік від переходу. При влаштуванні пішохідних переходів у різних рівнях таке огородження встановлюється на огородженні першої групи на відстань по 50 м у кожен бік від переходу на узбіччі та по 50 м на розділювальній смузі.

Пішохідні переходи та велосипедні переїзди в містах в одному рівні з проїзною частиною, як правило, улаштовуються через вулиці (дороги) на відстані один від одного не менше ніж:

- на магістральних вулицях (дорогах) загальноміського значення з регульованим рухом – 300 м;
- на магістральних вулицях районного значення – 250 м;
- на вулицях та дорогах місцевого значення:
- на житлових вулицях – 150 м;
- на дорогах промислових і комунально-складських зон – 200 м.

Ширина пішохідного переходу та велосипедного переїзду, що розмічається, приймається відповідно до [18].

Перехрестя вулиць і доріг рекомендується облаштовувати наземними пішохідними переходами через усі підходи до перехрестя. Доцільність відсутності одного чи кількох пішохідних переходів визначається розташуванням відносно перехрестя пунктів тяжіння пішоходів (житлова забудова, громадські та промислові об'єкти, зупинки маршрутного транспорту тощо), прийнятої принципової схеми організації пішохідного руху.

На наземному пішохідному переході, в разі відсутності забудови, повинен бути забезпечений трикутник видимості не менше ніж (50 x 10) м. У зоні трикутника видимості не допускається розміщення споруд і зелених насаджень заввишки більше ніж 0,5 м.

Острівці безпеки для пішоходів та велосипедистів слід влаштовувати на нерегульованих пішохідних переходах та, за можливості, на регульованих переходах. Не допускається влаштування нерегульованих пішохідних переходів без острівців безпеки на вулицях, які мають 2 і більше смуг руху в одному напрямку. За неможливості улаштування таких острівців безпеки слід передбачати регульовані пішохідні переходи.

Мінімальна ширина острівця безпеки в місці пішохідного переходу має бути не менше 2,0 м, мінімальна довжина – 8,0 м. Острівець безпеки може влаштовуватись на розділювальній смузі або шляхом звуження смуг руху до 2,75 м та вигину осі смуги руху (рис. 4.3). У разі вигину осі смуг руху довжина клину відгону повинна бути не менше ніж 40 м, та повинні дотримуватись норми щодо ширини пішохідної зони тротуару та велосипедної доріжки.

Центральні острівці безпеки повинні відрізнятись за типом покриття, структурою чи кольором, переважно бути піднятими над проїзною частиною з можливістю безперешкодного руху пішоходів

(рис. 4.5), виділеними розміткою (рис. 4.6) або мати зигзагоподібний вид з огороженням дорожнім бар'єрного типу (рис. 4.4). Для підвищених острівців безпеки необхідно передбачати пониження бордюру до рівня проїзної частини або відсутність центральної частини острівця для забезпечення безперешкодного руху маломобільних груп населення та велосипедистів (рис. 4.7).

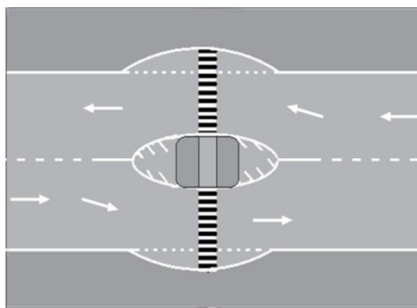


Рис. 4.5

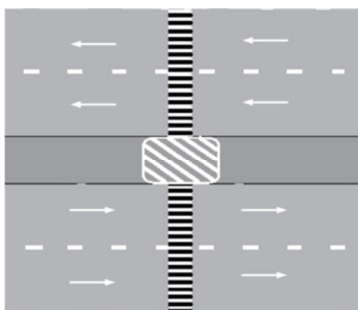


Рис. 4.6

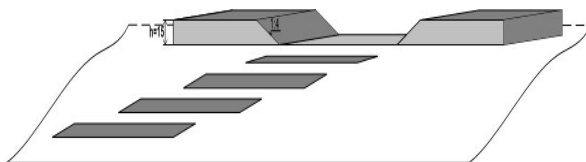


Рис. 4.7

Ширина ділянки для руху пішоходів та велосипедистів на острівцях безпеки повинна бути не менша, ніж ширина пішохідного переходу чи велосипедного переїзду. На пішохідних

переходах та велосипедних переїздах поблизу навчальних закладів, а також в місцях інтенсивного пішохідного руху можуть улаштовуватися підвищення проїзної частини до рівня тротуарів, у тому числі за допомогою настилів наземного пішохідного переходу.

Пішохідні переходи та велосипедні переїзди повинні мати переважно контрастне зовнішнє освітлення відповідно до [24].

Влаштування наземних пішохідних переходів необхідно здійснювати з урахуванням забезпечення доступності для маломобільних груп населення. А саме, застосування на межі тротуару або пішохідної доріжки з пішохідним переходом пандусів або виконання всього пішохідного переходу в одному рівні з тротуаром або проїзною частиною. Регульовані пішохідні переходи необхідно облаштовувати звуковими сигналами переходу проїзної частини.

Підходи до пішохідних переходів повинні, а покриття пішохідного переходу можуть містити в собі тактильні елементи для орієнтації осіб з вадами зору. Також вони повинні відрізнятися від покриття тротуару і проїзної частини вулиці (дороги). Напрямні доріжки із тактильними орієнтирами та штучні нерівності монолітної конструкції необхідно влаштовувати перед приляганням тротуару або острівця безпеки до проїзної частини згідно з [24].

4.1.2. Транспортно-пішохідні перетини в різних рівнях

Пішохідні переходи у різних рівнях передбачаються через дороги I-ої та II категорії при інтенсивності пішохідного руху в години «пік» понад 200 пішоходів за годину [9, п. 12.3.6]. Як правило, це надземні переходи: їхнє спорудження дешевше, проте такі переходи для пішоходів створюють певні незручності, а саме: необхідність долати значної висоти (5,4–6,0м) та незахищеність пішоходів від дії погодних факторів (опадів, вітру тощо).

Сучасні проектні рішення дозволяють усунути названі недоліки, але значно здорожують будівництво.

На рис. 4.8 показано надземний пішохідний перехід, відкритий через пр. Гагарина у м. Харків, продовженням якого є дорога М18 Харків – Сімферополь – Ялта. Довжина шляхопроводу 70 м, висота 8,5 м. Для пішоходів з обмеженими можливостями передбачені пандуси з огороженням, є 2 ліфти, за якими

стежитимуть два ліфтера щодня. Перехід засклений антивандальним тонованим склом. Температура взимку підтримується $+15^{\circ}$, до шляхопроводу підведена сигналізація, перехід обладнано санвузлом, встановлено відеоспостереження.



Рис. 4.8. Пішохідний перехід через пр. Гагарина у м. Харків

Приклад простішого за виконанням переходу наведено на рис. 4.9. У такому переході пішоходи також захищені від метеорологічних умов, проте ліфт не передбачено.



Рис. 4.9. Критий надземний пішохідний перехід

4.2. Пішохідно-транспортні перетини у містах та населених пунктах

Організація руху пішоходів у місті – одна зі складних та багатопланових проблем, яка дуже часто вимагає будівництва як окремих споруд, так і комплексу споруд, для забезпечення ефективності та безпеки руху пішоходів у містах. Особливо ця проблема виникає в місцях концентрації пішохідних потоків – торговельних, культурних та спортивних центрах, великих пересадочних вузлах.

Вирішення цієї проблеми залежить від багатьох факторів, серед яких слід виділити:

- містобудівні;
- транспортно–планувальні;
- соціальні;
- економічні.

Основним завданням організації пішохідного руху на магістральній мережі є фізичне, психологічне та візуальне відокремлення пішоходів від транспортного потоку.

Наземний пішохідний перехід, незважаючи на спеціальні заходи щодо забезпечення безпеки пішоходів (дорожня розмітка, острівці безпеки, чіткі вказівники, світлофорне регулювання, пішохідне огороження тощо) повної безпеки пішоходів не гарантує.

Крім цього, наявність наземного переходу впливає на швидкісний режим транспортних засобів, безперервність руху, підвищення рівня шуму вздовж магістралі. Тому нерідко застосовують пішохідні переходи мостового, тунельного і підмостового типів. Очевидно, що розв'язання проблеми безпеки пішохідного руху полягає у максимальному відокремленні пішохідного руху від транспортних потоків, особливо на ділянках швидкісних доріг.

Пішохідний рух у містах обов'язково передбачає перетинання проїзної частини вулиць і доріг. Ці перетинання можуть бути в одному рівні з проїзною частиною (наземні переходи) та в різних рівнях (позавуличні переходи).

Світова та вітчизняна містобудівна практика класифікує пішохідно-транспортні перетини у різних рівнях за такими основними ознаками:

- за рівнем пропуску пішоходів та транспорту;
- за розташуванням на міській вулиці чи дорозі;
- за функціональним призначенням обслуговування пішоходів.

За рівнем пропуску пішоходів та транспорту пішохідно-транспортні перетини розрізняють (рис. 4.10, 4.11):

надземні переходи з пропуском пішоходів над рівнем поверхні землі, а транспорту по її поверхні (рис. 4.10, а, б);

наземні переходи з пропуском пішоходів у рівні поверхні землі, а транспорту під поверхнею землі (дорога у виїмці) (рис. 4.10, в);

підземні переходи з пропуском пішоходів нижче рівня поверхні землі, а транспорту теж по її поверхні (4.11).

За розташуванням на міській вулиці чи дорозі пішохідно-транспортні перетини розрізняють: розташовані на перегоні; розташовані на перехресті чи площі.

За функціональним призначенням обслуговування пішоходів пішохідно-транспортні перетини розрізняють:

поодинокі, які слугують для пропуску пішоходів над (під) проїзними частинами кількох вулиць чи доріг;

групового типу – для пропуску пішоходів над (під) проїзними частинами кількох вулиць чи доріг;

розгалуженого типу – для пропуску пішоходів над (під) проїзною частиною однієї чи кількох вулиць та одночасно такі, що обслуговують підхід до різних пунктів масового відвідування пішоходами (станцій метрополітену, трамваю, вокзалу, магазинів, видовищних закладів тощо).

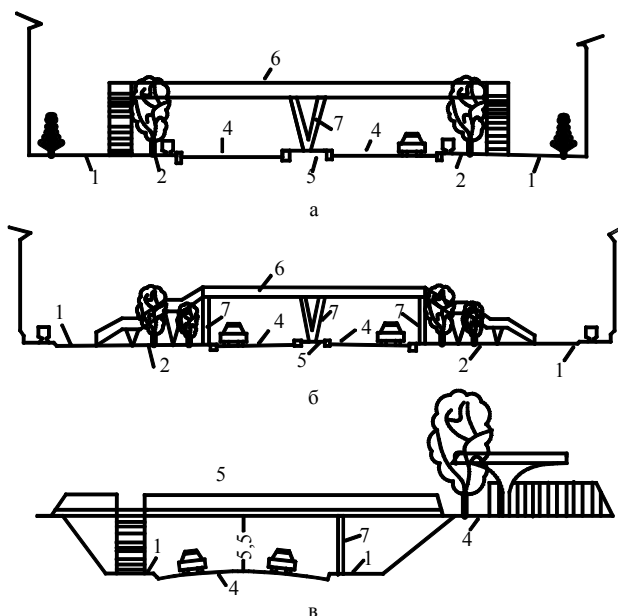


Рис. 4.10. Схема надземного пішохідного переходу:

- 1 – тротуар; 2 – газон; 3 – проїзна частина місцевого проїзду;
 4 – головна проїзна частина; 5 – центральна розділювальна смуга;
 6 – прогонові конструкції; 7 – опори

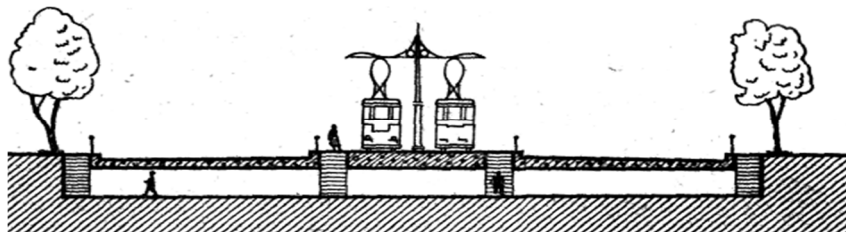


Рис. 4.11. Схема підземного пішохідного переходу–тунелю

При влаштуванні надземних чи підземних переходів шлях переходу дещо збільшується, а підйом і спуск вимагають від пішоходів додаткових витрат енергії (рис. 4.12)

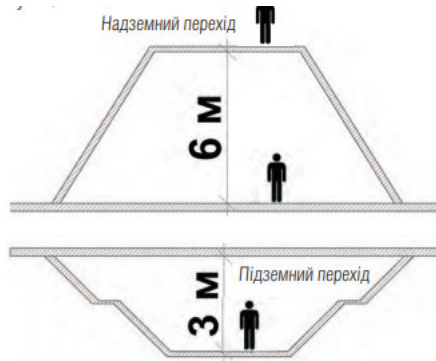


Рис. 4.12. Схема організації надземного та підземного пішохідних переходів

Крім розглянутої типології пішохідно-транспортні перетини, вони ще можуть бути складовим елементом дорожньо-транспортного перетину з організацією руху в різних рівнях або розміщуватися окремо.

Надземні пішохідно-транспортні перетини в різних рівнях

Надземні пішохідно-транспортні перетини – це пішохідні містки, збудовані у вигляді одно- чи багатопрогонові споруди (рис. 4.10).

Такі переходи можуть бути виконані у вигляді пішохідних естакад (рис. 4.10, а, б), або галерей на рівні першого поверху в будівлях або на рівні поверхні землі при прокладанні автомобільної дороги у виїмці (рис. 4.10, в).

До переваг надземного пішохідного переходу порівняно з підземним належать: достатньо низька вартість будівництва та експлуатації; відсутність необхідності в перекладанні підземних інженерних мереж; почуття безпеки та домінування над транспортною ситуацією.

До недоліків слід віднести: необхідність подолання значної висоти (5,4–6,0 м); незахищеність пішоходів від дії погодних факторів; складність реалізації архітектурно-планувальних вимог.

Згідно з вимогами до будівництва надземних пішохідних переходів поздовжній похил пішохідних містків не повинен перевищувати 30‰, як виняток – 40‰, поперечний похил – 15–20‰; висота надземного пішохідного переходу має становити не менше 5,5 м від поверхні проїзної частини дороги.

Підземні пішохідно-транспортні перетини в різних рівнях

Підземні пішохідно-транспортні перетини виконуються у вигляді тунелів під проїзною частиною вулиці зі сходами, пандусами чи ескалаторними входами та виходами (рис. 4.11).

Серед переваг підземних пішохідно-транспортних перетинів порівняно з надземними слід назвати: подолання пішоходами меншої висоти, ніж при пішохідних містках; більші зручності для руху пішоходів.

Основними недоліками підземних ПТП є: висока вартість будівництва та експлуатації; необхідність, як правило, перекладання підземних інженерних комунікацій; відсутність чистого повітря та денного освітлення; закритий простір (у пішоходів може виникати клаустрофобія); недостатня вентиляція, накопичення в підземному просторі відпрацьованих газів автомобілів, шкідливих для здоров'я людей, незручність для мало мобільних груп населення.

Підземні пішохідні переходи виконують на перегонах вулиць, на перехрестях або суміщають з дорожньо-транспортними розв'язками.

Відповідно до діючих нормативів пішохідні тунелі і підземні переходи споруджують на:

- загальноміських магістралях безперервного руху;
- в місцях входу до станцій швидкісного трамвая, метрополітену чи поїздів;
- на вулицях, де влаштування таких переходів зумовлено особливостями рельєфу місцевості, а також з магістральними залізничними лініями на перегонах у межах станцій.

Пішохідні переходи у різних рівнях слід розміщувати з інтервалом:

- від 300 до 600 м – на магістральних вулицях безперервного руху (у промислових та комунально-складських зонах відстань може бути збільшена до 800 м);
- від 400 до 800 м – на лініях швидкісного транспорту (залежно від розташування зупинок).

Ширину пішохідних тунелів, містків, сходів і пандусів приймають згідно п. 6.4.9 [10]. На сходах підземних переходів доцільно розділяти потоки пішоходів на вхід і вихід розділювальними поручнями, а для пішоходів з обмеженими можливостями пішохідні переходи в різних рівнях повинні мати

спеціальні пристрої (ліфти, пандуси тощо). Дозволяється влаштування сходів, що вбудовані у перші поверхи будинків.

Планувальні рішення підземних пішохідних переходів залежать від топографічних і містобудівних умов. У плані пішохідні тунелі намагаються розташовувати перпендикулярно до напрямку проїзду. Якщо поблизу від проектного переходу є станція метрополітену, то розташування тунелів поєднують із входом на станцію.

Якщо ширина тротуарів на ділянці вздовж магістралі недостатня для пропуску пішоходів, підземні переходи можуть прокладатися вздовж магістралі, з відгалуженням для входу і виходу. Крім того, поодинокі тунелі лінійного типу проектують на перехрестях автомагістралей і на площах, розташовуючи їх у напрямку головних пішохідних потоків. Часто на перехрестях та площах проектують мережу пішохідних тунелів у вигляді коридорів, що перетинаються і розгалужуються, або замкнутого контуру (рис. 4.13, а).

При інтенсивному автомобільному і пішохідному русі, у разі переважання прямих пішохідних потоків, передбачають систему з чотирьох тунелів за двома напрямками (рис. 4.13, б). У разі переважання пішохідних потоків в діагональних напрямках тунелі можуть влаштовуватися за Х-подібною схемою (рис. 4.13, в). На великих транспортних розв'язках пішохідні переходи споруджують у загальному комплексі з транспортними тунелями. На великих площах, де сходяться більше чотирьох великих магістралей і вулиць, влаштовують центральний розподільний пішохідний зал (рис. 4.14), до якого примикають окремі підземні коридори, які ведуть до тротуарів, зупинок громадського транспорту, станцій метрополітену, торгових та адміністративних будівель.

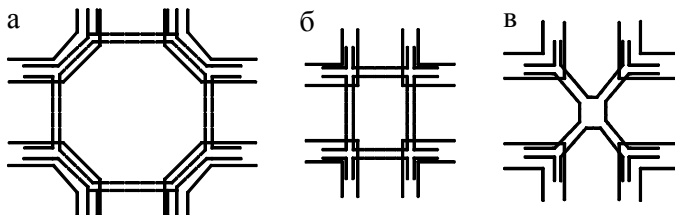


Рис. 4.13. Схеми розташування пішохідних тунелів лінійного типу на перетинанні: у вигляді замкнутого контуру (а); чотирьох тунелів по двох напрямках (б); по Х-подібній схемі (в)

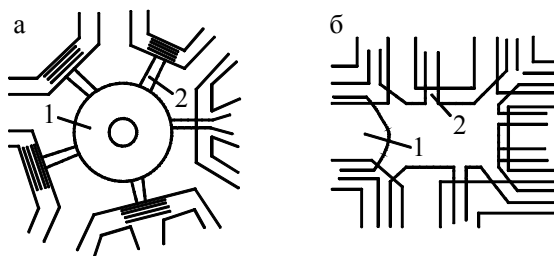


Рис. 4.14. Підземні пішохідні переходи типу зали кругового (а) і полігонального (б) обрисів: 1 – розподільча зала; 2 – пішохідні тунелі

Спорудження центральної зали дозволяє рівномірно розподілити пішохідні потоки і розмістити в ній магазини, кіоски, торговельні ятки, кафе, ресторани, рекламні вітрини тощо.

Глибина закладення пішохідних тунелів призначається мінімально можливою з урахуванням розташування підземних комунікацій та особливостей рельєфу місцевості. Для зв'язку пішохідного тунелю з вулицею необхідно передбачити спеціальні сходи, що поділяються, залежно від глибини закладення тунелю, рельєфу місцевості, містобудівних рішень та інтенсивності пішохідних потоків, на сходові, пандуси, ескалаторні, ліфтові, комбіновані.

При виборі типу пішохідно-транспортного перетинання необхідно враховувати зручність руху пішоходів та транспорту, економічні показники та відповідність даної споруди архітектурно-планувальним вимогам.

4.3. Перетинання автомобільних доріг із залізницею

Залізничні переїзди – перетини автомобільних доріг з залізницею в одному рівні, що є потенційною небезпекою у разі недотримання учасниками руху правил безпеки.

У теперішній час на перетинах залізниць з автомобільними дорогами в Україні функціонує 5661 залізничний переїзд, з яких 4641 переїзд – на головних і станційних коліях; через 2553 переїздів здійснюється рух громадського транспорту.

На сьогодні 1401 переїзд експлуатується з черговим, 1369 з них обладнані системою автоматики. Крім цього, експлуатуються 3240 переїздів без чергового, з яких 2573 обладнані автоматиною.

Згідно з проведеним аналізом на 237 переїздах інтенсивність руху автотранспорту складає більше 1500 автомобілів на добу, інтенсивність руху поїздів – більше 200 на добу.

Класифікація залізничних переїздів

Залізничні переїзди залежно від інтенсивності руху поїздів та транспортних засобів поділяються на чотири категорії:

До I категорії належать переїзди, які розташовані на перехрещеннях:

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 16 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю більше 7000 авт./добу (у розрахунках інтенсивності руху через переїзд поїздів та транспортних засобів береться сумарна кількість їх за добу в обох напрямках руху);

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 100 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 3000 авт./добу;

залізничних колій з рухом поїздів зі швидкістю більше 120 км/год незалежно від інтенсивності руху транспортних засобів.

До II категорії належать переїзди, які розташовані на перехрещеннях:

залізничних колій з інтенсивністю руху до 16 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 7000 авт./добу;

станційних та під'їзних колій та автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 7000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 17–100 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3001–7000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 100 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 1001–3000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 200 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 201–1000 авт./добу.

До III категорії належать переїзди, які розташовані на перехрещеннях:

залізничних колій з інтенсивністю руху до 16 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3001–7000 авт./добу;

станційних та під'їзних колій та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3001–7000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 17–100 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 1001–3000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 101–200 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 201–1000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 200 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху до 200 авт./добу.

До IV категорії належать усі інші переїзди.

Переїзди на перехрещенні залізничних колій з автомобільними дорогами загального користування або вулицями в населених пунктах належать до переїздів загального користування. Порядок їхнього обслуговування і утримання встановлюється власником залізничної колії та за його рахунок.

Переїзди на перехрещеннях залізничних колій, що належать залізницям, з автомобільними дорогами (під'їздами) окремих підприємств або організацій є переїздами незагального користування.

Перехрещення залізничних колій на території підприємств (промислові підприємства, склади, депо, елеватори та ін.) і станцій з дорогами, призначеними для забезпечення технологічного процесу робіт даного підприємства, належать до технологічних проїздів і обліку як залізничні переїзди не підлягають.

Залізничні переїзди поділяються на регульовані та такі, що не регулюються.

До регульованих належать переїзди, обладнані пристроями переїздної сигналізації або такі, що обслуговуються черговим працівником та обладнані шлагбаумами.

До нерегульованих належать переїзди, не обладнані пристроями переїздної сигналізації та не обслуговуються черговим працівником. Можливість безпечного проїзду (проходу) через такі переїзди визначається водієм транспортного засобу (пішоходом) самостійно.

Дорожньо-транспортні пригоди на залізничних переїздах

Впродовж 2019 року на залізничних переїздах України сталося 65 ДТП, у яких 11 осіб загинуло та 20 отримали травми. За 2018 рік усього трапилося 75 ДТП, у яких загинуло 15 осіб, було травмовано 44 особи.

Статистика ДТП на залізничних переїздах за 2017–2018 роки наведена на рис. 4.15 [14].

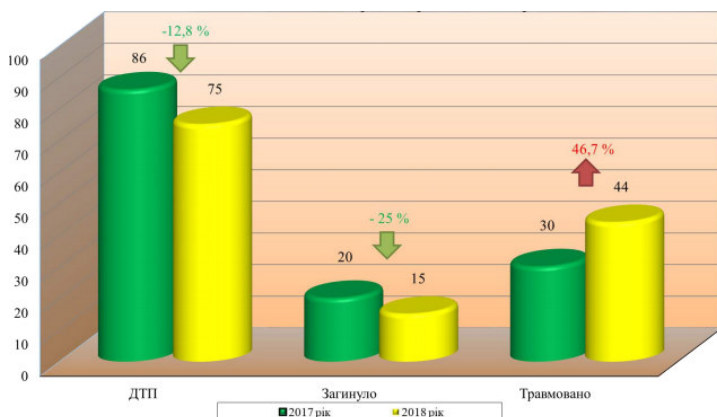


Рис. 4.15. Кількість ДТП на залізничних переїздах у 2018 порівняно із 2017 роком

Статистика ДТП на залізничних переїздах свідчить, що найпоширенішими причинами ДТП є помилки водіїв автомобілів – 63%, порушення водіями правил (об'їзд закритих шлагбаумів, проїзд на забороняючий сигнал – 21%.

Інші 16% розподіляються таким чином: поломки і відмови автомобілів – 5%, погодні умови – 4%, помилки машиністів потягів – 3%, помилки персоналу, обслуговуючого переїзд – 3% і відмова пристроїв сигналізації – 1%.

Основні вимоги щодо проектування залізничних переїздів

Згідно діючих нормативів [9] перехрещення автомобільних доріг I-а, I-б, II і III категорій із залізничними коліями слід проектувати в різних рівнях. Також в різних рівнях слід проектувати перехрещення із залізницею автомобільних доріг IV і V категорій у таких випадках:

- при перехрещенні трьох і більше головних колій;
- при перехрещенні із залізничними коліями, на яких швидкість руху становить понад 80 км/год;
- за інтенсивності руху на даній ділянці залізничної колії понад 16 потягів за добу;
- при перехрещенні залізничних колій у виїмках або у випадках, коли не забезпечена необхідна видимість.

В усіх інших випадках перехрещення (переїзди) проектується в одному рівні за погодженням з відповідними службами залізниці.

Перехрещення автомобільних доріг із залізничними коліями в одному рівні рекомендується проектувати за межами станцій і колій маневрового руху, переважно на прямих ділянках доріг, які перетинаються. При перехрещенні доріг в одному рівні гострий кут повинен бути більше 60°.

Ширина проїзної частини автомобільних доріг перед переїздом повинна відповідати ширині проїзної частини дороги, але не менше ніж 6,0 м та завдовжки по 200 м в обидва боки від крайніх рейок залізничної колії.

На підходах до переїздів необхідно проектувати односторонню пішохідну доріжку завширшки 1,5 м та завдовжки по 20 м в обидва боки від крайніх рейок залізничної колії.

Ділянка автомобільної дороги завдовжки не менше 20 м в обидва боки від крайніх рейок повинна проектуватися горизонтальною або з похилом, зумовленим підвищенням однієї рейки над другою, якщо перехрещення розташовано на криволінійній ділянці залізничної колії.

Перед горизонтальною ділянкою впродовж 50 м поздовжній похил дороги не повинен бути більше 10‰. У складних умовах (гірські райони, міські вулиці тощо) похил при обґрунтуванні може бути збільшений до 20‰.

Напрямні тумби і стовпи шлагбаумів на переїздах розміщують на відстані не менше ніж 0,75 м, а стояки габаритних воріт – на відстані не менше 1,75 м від крайки проїзної частини.

На підходах до переїздів на автомобільних дорогах необхідно встановлювати дорожні знаки та влаштовувати дорожню розмітку з урахуванням національних стандартів (рис. 4. 14, 4.15).

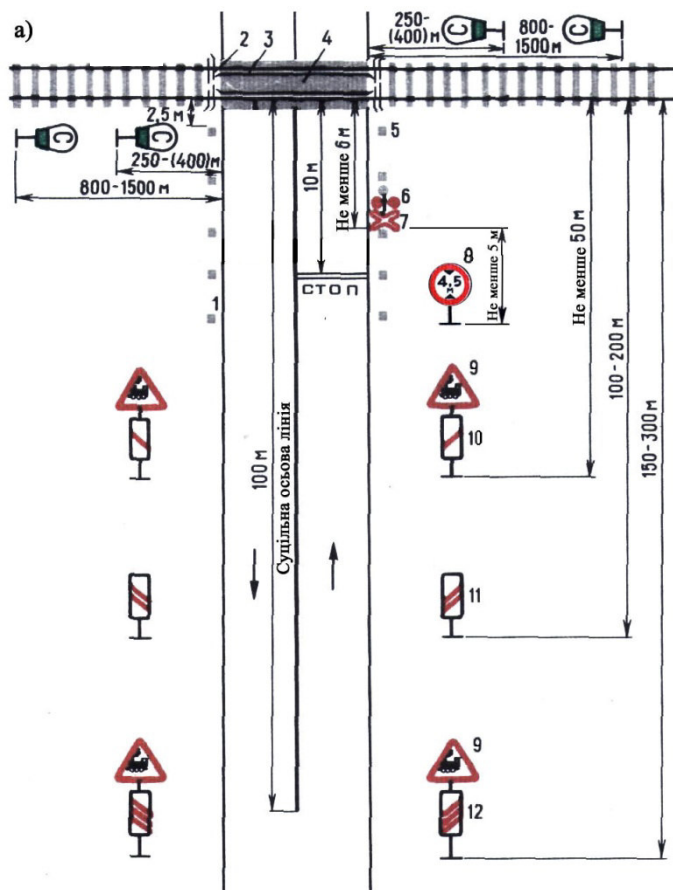


Рис. 4.16. Улаштування та обладнання переїзду без шлагбаумів поза межами населених пунктів: 1 – кромка проїзної частини автомобільної дороги; 2 – водовідвідні лотки; 3 – контррейки; 4 – настил із залізобетонних або інших плит; 5 – огорожувальні стовпчики; 6 – світлофор переїзної сигналізації; 7 – дорожній знак «Одноколійна залізниця»; 8 – дорожній знак «Рух транспортних засобів, висота яких перевищує ...м, заборонено»; 9 – дорожній знак «Залізничний переїзд без шлагбаума»; 10, 11, 12 – дорожні знаки «Наближення до залізничного переїзду»

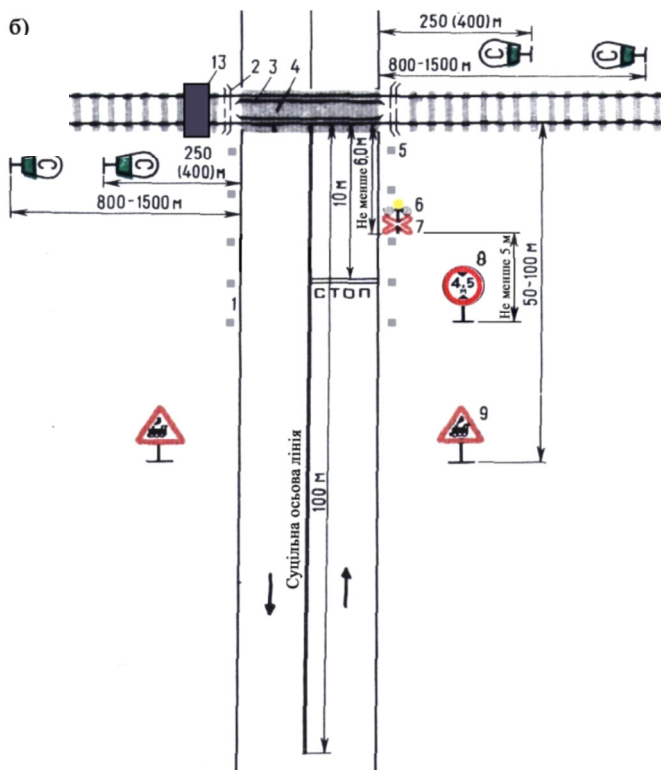


Рис. 4.17. Улаштування та обладнання переїзду без шлагбаумів в населених пунктах: 1 – кромка проїзної частини автомобільної дороги; 2 – водовідвідні лотки; 3 – контррейки; 4 – настил із залізобетонних або інших плит; 5 – огорожувальні стовпчики; 6 – світлофор переїзної сигналізації; 7 – дорожній знак «Одноколійна залізниця»; 8 – дорожній знак «Рух транспортних засобів, висота яких перевищує ... м, заборонено»; 9 – дорожній знак «Залізничний переїзд без шлагбаума»; 10, 11, 12 – дорожні знаки «Наближення до залізничного переїзду»; 13 – пішохідна доріжка

На перехрещеннях залізничних колій з автомобільними дорогами в одному рівні без чергового необхідно забезпечити видимість у напрямку руху [9].

Задля забезпечення безпеки руху на переїзді водій автомобіля повинен бачити потяг на відстані не менше 400 м, машиніст повинен бачити середину переїзду не менше, ніж за 1000 м.

На залізничних переїздах без чергового на відстані 50 м від ближньої рейки водії повинні бачити потяг, що наближається з будь-якого боку відповідно до таблиці 4.2 [пункт 3.3.4 22].

Таблиця 4.2

Забезпечення відстані видимості потягу для водіїв автомобілів

Швидкість руху потягу на переїзді, км/год	81–120	41–80	До 40
Відстань видимості, м, не менше ніж	400	250	150

Таблиця 4.3

Допустима швидкість автомобілів на підходах до переїзду залежно від відстані видимості потяга

Відстань видимості потяга	50–100	100–200	200–400
Значення допустимої швидкості руху автомобілів, км/год	40	50	60

Якщо відстань видимості потяга менша 50 м встановлюється дорожній знак «Проїзд без зупинки заборонено»

Переїзди повинні бути розташовані на прямих ділянках як у плані, так і у поздовжньому профілі. На відстані не більше 10 м від крайньої рейки у вертикальному профілі має бути горизонтальний майданчик (або крива великого радіусу). Поздовжній ухил проїзної частини має бути не більше 50‰ на відстані щонайменше 20 м перед цим майданчиком. Нові дороги проектується так, щоб на підході до переїзду протягом 50 м поздовжній ухил не перевищував 30‰.

Освітлення залізничних переїздів регламентується [23], згідно даних норм електричне освітлення повинні мати переїзди усіх категорій.

На перехрещеннях з дорогами I та II технічної категорії та магістральними вулицями загальноміського значення повинні бути встановлені світильники на підходах до переїзду на відстані щонайменше 100 м від крайньої рейки.

Освітленість у межах переїздів повинна бути не менше ніж:

I категорії – 5 лк;

II категорії – 3 лк;

III – 2 лк;

IV – 1 лк.

Основними напрямками підвищення безпеки руху на залізничних переїздах є:

- будівництво перетинів в різних рівнях згідно вимог діючих нормативів;
- вдосконалення технічного оснащення переїздів;
- ліквідація переїздів, які рідко використовуються;
- дотримання чинних норм проектування та експлуатації залізниці та автомобільних доріг в зонах улаштування переїздів.

4.3.1. Оцінка ступеня безпеки залізничних переїздів

Безпеку руху на залізничних переїздах оцінюють методами коефіцієнтів аварійності і коефіцієнтів небезпеки.

Метод коефіцієнтів аварійності використовують для зіставлення рівнів безпеки руху на залізничних переїздах та інших прилеглих до них ділянках автомобільних доріг, з метою встановлення пріоритетів для їхньої реконструкції або інженерного устаткування.

Метод коефіцієнтів небезпеки використовують для детальної оцінки показників аварійності на залізничних переїздах з метою встановлення черговості закриття, переобладнання, а також будівництва замість них перетинів у різних рівнях.

Під час оцінки безпеки руху на залізничних переїздах за методом коефіцієнтів аварійності, часткові коефіцієнти, що характеризують стан і розміри автомобільних доріг, не використовують.

Величину підсумкового коефіцієнта аварійності K_a для залізничного переїзду визначають як добуток семи часткових коефіцієнтів аварійності:

$$K_a = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (4.1)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує добову інтенсивність руху потягів через переїзд;

K_2 – коефіцієнт, що враховує добову інтенсивність руху на автомобільній дорозі;

K_3 – коефіцієнт, що враховує відстань видимості переїзду;

K_4 – коефіцієнт, що враховує устаткування переїзду;

K_5 – коефіцієнт, що враховує штучне освітлення на переїзді;

K_6 – коефіцієнт, що враховує радіус кривої в плані на підходах до переїзду;

K_7 – коефіцієнт, що враховує поздовжні похили дороги на підходах до переїзду.

Значення коефіцієнту K_1 визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{N_t}{3 + 0,1 \cdot N_t}, \quad (4.2)$$

де N_t – інтенсивність руху потягів через переїзд (поїздів/добу).

Значення решти коефіцієнтів $K_2 \dots K_7$ наведено у табл. 4.4–4.9.

Таблиця 4.4

Значення коефіцієнта K_2

Показник	Інтенсивність руху автодорогою, авт/добу					
	До 500	501–1000	1001–3000	3001–5000	5001–7000	Більше 7000
K_2	0,42	0,55	0,80	1,14	1,50	2,05

Таблиця 4.5

Значення коефіцієнта K_3

Показник	Відстань видимості переїзду та потяга, м					
	Більше 50	50–100	101–200	201–300	301–400	Більше 400
Переїзди з черговим і шлагбаумами; Переїзди з автоматичною світлофорною сигналізацією та з автоматичним шлагбаумом	0,9	1,3	1,6	2,0	2,8	3,2
Переїзди без чергового, обладнані дорожніми знаками, автоматичною світлофорною сигналізацією без шлагбаума	1,0	1,4	2,5	4,0	5,1	6,5

Таблиця 4.6

Значення коефіцієнта K_4

Обладнання переїзду	Значення K_4 на переїздах	
	Із черговим	Без чергового
Автоматичний шлагбаум із автоматичною світлофорною сигналізацією	1,6	4,0
Автоматична світлофорна сигналізація	2,2	4,4
Механізовані шлагбауми зі сповіщальною сигналізацією	4,8	-
Механізовані шлагбауми без сигналізації	9,1	-
Дорожні знаки	-	7,45

Таблиця 4.7

Значення коефіцієнта K_5

Штучне освітлення переїзду	Значення коефіцієнта K_5	
	Із черговим	Без чергового
Наявне	1,0	1,4
Відсутнє	-	1,5

Таблиця 4.8

Значення коефіцієнта K_6

Показник	Радіус кривої у плані на підходах до переїзду, м					
	Менше 50	51–75	76–100	101–150	151–200	Більше 200
K_6	8,90	5,80	4,40	3,21	1,45	1,00

Таблиця 4.9

Значення коефіцієнта K_7

Показник	Поздовжній ухил дороги на підходах до переїзду, ‰					
	Менше 50	51–75	76–100	101–150	151–200	Більше 200
K_7	8,90	5,80	4,40	3,21	1,45	1,00

За величиною підсумкового коефіцієнту аварійності K_a оцінюється стан руху на залізничному переїзді:

$K_a < 40$ – безпечний;

$K_a = 41 \dots 60$ – мало небезпечний;

$K_a = 61 \dots 80$ – небезпечний;

$K_a > 80$ – дуже небезпечний.

При оцінці безпеки руху методом коефіцієнтів безпеки визначають можливу кількість ДТП, які виникають на самому переїзді та у зоні його впливу за один рік за різних умов:

$$K_{\text{ДТП}} = 2,74 + 0,00038 \cdot N_a + 0,0068 \cdot N_n - 0,034 K_y - 0,0045 S, \quad (4.3)$$

де $K_{\text{ДТП}}$ – показник безпеки залізничного переїзду, ДТП/рік;

N_a – інтенсивність руху автомобілів по дорозі, авт./добу;

N_n – інтенсивність руху поїздів, поїздів/добу;

K_y – коефіцієнт, що враховує устаткування поїзду;

S – відстань видимості поїзду, який наближається, м.

Таблиця 4.10

Області існування (визначення) змінних для
розрахунку показника безпеки $K_{\text{ДТП}}$

Назва показника	Область визначення
Інтенсивність руху автодорогою, авт./добу, N_a	0...10000
Інтенсивність руху залізницею, потягів/добу, N_n	0...150
Відстань видимості потяга, що наближається до переїзду, м, S	0...400
Коефіцієнт, який враховує устаткування переїзду, K_y	За таблицею 4.12

Таблиця 4.11

Значення коефіцієнту K_y , який враховує різноманітні технічні засоби устаткування переїзду

Устаткування (обладнання) переїзду	Значення коефіцієнта K_y
Дорожні знаки	4,0
Механічний шлагбаум без сигналізації	11,0
Теж, зі сповіщальною сигналізацією	180
Теж, зі сповіщальною та світлофорною сигналізацією	25,0
Автоматична світлофорна сигналізація	45,0
Автоматичний шлагбаум із автоматичною світлофорною сигналізацією	61,0

Обчислене значення показника небезпеки характеризує ступінь небезпеки залізничного переїзду:

до 1,0 – безпечний;

1,0...2,0 – мало небезпечний;

2,0 – 3,0 – небезпечний;

більше 3,0 дуже небезпечний.

Такі показники використовують для визначення збитків від ДТП, що виникають на залізничних переїздах і для обґрунтування інвестицій в устаткування та реконструкцію цих об'єктів.

За результатами оцінки двома методами приймається рішення щодо модернізації переїзду та ділянки автодороги. Залежно від результатів обчислень можуть бути рекомендовані наступні заходи щодо підвищення безпеки руху на переїзді.

Якщо за двома методами оцінки безпеки переїзд характеризується як безпечний, то рекомендується нанесення розмітки, встановлення сповіщальної сигналізації;

Мало небезпечний – рекомендується забезпечення видимості на переїзді, нанесення розмітки, встановлення світлофорної сигналізації; для автомобільних доріг – збільшення радіусу кривої в плані, шорстка поверхнева обробка на ділянках ухилів більше 30%;

Небезпечний – рекомендується встановлення автоматичного шлагбаума із автоматичною світлофорною сигналізацією, нанесення розмітки; для автомобільних доріг – збільшення радіусу кривої в плані, шорстка поверхнева обробка на ділянках ухилів більше 30%, обмеження швидкості на під'їзді до переїзду;

Дуже небезпечний – рекомендується влаштування переїзду у двох рівнях.

Обмеження швидкості руху на під'їзді до переїзду встановлюють залежно від відстані видимості потяга, який наближається до переїзду (табл. 4.3).

Якщо за двома методами оцінки безпеки руху залізничний переїзд відноситься до різних груп за ступенем небезпеки, потрібно виявити та порівняти причини результатами різної оцінки і віднести переїзд до однієї з двох груп. Додатковим факторами, які відносять переїзд до небезпечніших груп, є кількість маршрутів руху транспорту загального користування та шкільних автобусів, які пролягають через даний переїзд.

Крім зазначених, на практиці, для визначення рівня безпеки можливе застосування також способу оцінки безпеки руху, якій

базується на порівнянні дорожніх умов з вимогами нормативних документів.

Відповідно до вимог Правил технічної експлуатації залізниць України автоматична переїзна сигналізація повинна забезпечувати подачу сигналу зупинки убік автомобільної дороги, а автоматичні шлагбауми – приймати закриті положення за час, необхідний для завчасного звільнення переїзду автотранспортними засобами до підходу поїзда до переїзду. Необхідно, щоб автоматична світлофорна сигналізація продовжувала діяти до повного звільнення поїздом переїзду.

Час, необхідний автотранспортному засобу для долання залізничного переїзду:

$$T_1 = \frac{L_n + L_p + L_c}{V_a}, \text{ с}, \quad (4.4)$$

де L_n – довжина переїзду, обумовлена кількістю залізничних колій та відстанню від/до переїзних світлофорів;

L_p – розрахункова довжина автотранспортного засобу;

L_c – відстань від місця зупинки автомобіля до переїзного світлофора, зазвичай 5 м;

V_a – розрахункова швидкість руху автомобіля через переїзд, приймається як найменша, визначена правилами дорожнього руху (8 км/год).

Час повідомлення водіїв про наближення поїзда до переїзду:

$$T_c = T_1 + T_2 + T_3, \text{ с}, \quad (4.5)$$

де T_1 – час, необхідний для долання залізничного переїзду, с;

T_2 – час спрацювання апаратури, приймається 3 с;

T_3 – гарантований запас часу, приймається 10 с.

Довжина ділянки наближення

$$L_p = V_n \frac{(L_n + L_p + L_c)}{V_a} (T_2 + T_3), \text{ м}, \quad (4.7)$$

де V_n – максимальна швидкість руху поїздів на даній ділянці.

Питання для самоконтролю

- 1. Як класифікуються залізничні переїзди?*
- 2. Назвіть вимоги забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах.*
- 3. У яких випадках перетинання автодоріг та залізниць має бути виключно у двох рівнях?*
- 4. У яких випадках дозволяється перетинання автодоріг та залізниць в одному рівні?*
- 5. Назвіть вимоги щодо забезпечення видимості на залізничних переїздах.*
- 6. Охарактеризуйте обладнання залізничних переїздів.*
- 7. Як чисельно оцінюється рівень безпеки залізничних переїздів?*
- 8. Для чого виконується оцінка рівня безпеки залізничних переїздів?*

Розділ 5. Застосування транспортного моделювання при обґрунтуванні вибору планувальних рішень транспортних розв'язок

5.1. Задачі моделювання

Згідно ДБН [10] вибір типу та обґрунтування рішень транспортної розв'язки в одному чи різних рівнях необхідно здійснювати на основі попередньо розробленої містобудівної документації: генерального плану населеного пункту, комплексної схеми транспорту, комплексної схеми організації дорожнього руху, детальних планів території тощо. Обґрунтування здійснюється шляхом техніко-економічних порівнянь можливих варіантів із застосуванням методики транспортних розрахунків та *транспортного моделювання* з урахуванням:

- категорій вулиць і доріг, що перехрещуються;
- розрахункової інтенсивності та швидкості руху прямих і поворотних, в першу чергу, лівоповоротних потоків;
- зручності та безпеки руху транспорту та пішоходів;
- наявності вільної території та її конфігурації;
- рельєфу місцевості;
- характеру прилеглої до розв'язки існуючої та перспективної забудови;
- архітектурно-композиційних вимог;
- типу та розміщення підземних комунікацій;
- вартості будівництва та транспортно-експлуатаційних витрат; можливості поетапного будівництва розв'язки та зниження впливу транспорту на навколишнє середовище.

Також у ДБН зазначається, що для оцінки ступеню впливу того чи іншого об'єкту транспортної системи на вулично-дорожню мережу населених пунктів, вибору планувальних рішень, отримання проектної інтенсивності руху, експлуатаційних показників об'єктів, що входять до транспортної системи міст, доцільно використовувати *транспортне моделювання* (у тому числі за значеннями затримок транспорту, довжиною черг, часом перебування на вулично-дорожній мережі тощо).

Транспортне моделювання все частіше згадується також і при обґрунтуванні рішень організації дорожнього руху на позаміських дорогах.

Чому саме наголос робиться на моделюванні а не на співставленні техніко-економічних показників?

При розробці проектів транспортних розв'язок потрібно врахувати велику кількість показників транспортних потоків, які сходяться у вузлі, а саме:

- затримка в дорозі;
- середня швидкість руху;
- прогнозована кількість число ДТП;
- обсяг шкідливих викидів в атмосферу тощо.

Критерії якості управління дорожнім рухом часто суперечливі (наприклад, забезпечення безперебійності руху при одночасному впровадженні обмежень швидкості і заборони окремих напрямків руху). Більшість характеристик взаємопов'язані, і розглядати якусь одну модель транспортного потоку, що ґрунтується на одній окремії характеристиці, було б невірно.

У такій ситуації оптимальним виходом є моделювання, яке в тій чи іншій мірі адекватно відображає поведінку транспортних потоків.

Транспортне моделювання використовується в наступних випадках:

- збір, зберігання, узагальнення та обробка оперативної інформації про параметри транспортного потоку, про умови дорожнього руху;
- аналіз і прогноз змін параметрів транспортного потоку з урахуванням дорожньо-транспортної ситуації і дорожніх умов;
- виявлення ДТП і інших інцидентів, оперативне реагування на них;
- підготовка оперативних рішень, вибір сценаріїв з управління транспортними потоками;
- координоване управління транспортними потоками на основному і альтернативному напрямках руху;
- інформування учасників дорожнього руху.

Завданнями транспортного моделювання є:

- оцінка впливу типу перетину доріг на пропускну здатність;
- проектування, тестування і оцінка впливу режиму роботи світлофорного об'єкту на характер транспортного потоку;
- аналіз управління дорожнім рухом на автострадах, контроль за напрямками руху як на окремих смугах, так і на всій проїзній частині дороги;

- аналіз пропускної здатності великих транспортних мереж при динамічному перерозподілі транспортних потоків;
- визначення доступності перерозподілу фоновому руху;
- аналіз можливості надання пріоритету громадському транспорту і заходи, спрямовані на пріоритетний пропуск рейкового транспорту;
- аналіз впливу управління рухом на ситуацію в транспортній мережі (регулювання припливу транспорту, перевірка під'їздів, організація одностороннього руху і смуг для руху громадського транспорту);
- моделювання планових дорожніх робіт і введення в експлуатацію нових ділянок доріг;
- оцінка транспортної ефективності запропонованих заходів;
- створення банку сценаріїв для реагування при виникненні раптових ситуацій;
- детальна імітація поведінки кожного учасника руху;
- моделювання розташування зупинок громадського транспорту;
- розрахунок аналітичних показників, побудова графіків показників транспортного потоку як на окремій секції ділянки, що моделюється, так і на всій мережі в цілому.

Моделювання транспортної ситуації може проводитися на будь-який розрахунковий термін – від оперативних завдань сьогодення до довгострокової (20-30 років) перспективи.

Основи математичного моделювання зміни закономірностей дорожнього руху були закладені в 1912 році російським вченим, професором Г.Д. Дубеліром.

Першорядним завданням, що послужило розвитком моделювання транспортних потоків, став аналіз пропускної здатності магістралей і перетинів. Під пропускною здатністю розуміють максимально можливу кількість автомобілів, що можуть проїхати через перетин дороги за одиницю часу при певній швидкості руху та забезпеченні безпеки руху. У спеціальній літературі зустрічаються такі модифікації поняття пропускної здатності, як теоретична, номінальна, ефективна, власна, практична, фактична й інші. У той же час пропускна здатність є найважливішим критерієм оцінки якості функціонування шляхів сполучення.

Перша макроскопічна модель, у якій рух транспортного потоку розглядалося з позицій механіки суцільного середовища, була запропонована в 1955 році Лайтхіллом (Lighthill) і Уїземом

(Whitham). Вони показали, що методи опису процесів перенесення в суцільних середовищах можуть бути використані для моделювання затопів.

Виділення математичних досліджень транспортних потоків у самостійний розділ прикладної математики вперше було здійснено Ф. Хейтом.

В 60-70-і роки знову виник інтерес до дослідження транспортних систем. Ця зацікавленість виявилася, зокрема, у фінансуванні численних контрактів, звертанні до авторитетних учених — фахівцям в області математики, фізики, процесів керування, таким як Нобелівський лауреат І. Пригожин, фахівець із автоматичного керування М. Атанс, автор фундаментальних робіт зі статистики Л. Брейман. У СРСР рух автотранспорту активно вивчалася наприкінці 70-х років у зв'язку з підготовкою до Олімпійських ігор 1980 року в Москві. Результати цих досліджень неодноразово доповідалися на науково-дослідному семінарі І.І. Зверєва на механіко-математичному факультеті МГУ ім. М.В. Ломоносова.

Сьогодні є велика кількість літератури з вивчення й моделювання автотранспортних потоків. Кілька академічних журналів присвячені винятково динаміці автомобільного руху. Найбільш великими є *Transportation Research*, *Transportation Science*, *Mathematical Computer Simulation*, *Operation Research*, *Automatica*, *Physical Review E*, *Physical Reports*. Кількість статей, що публікується в них обчислюється сотнями.

Наприкінці 80-х — початку 90-х у США проблеми дослідження транспортних систем були підняті в ранг проблем національної безпеки. До вирішення цього завдання були залучені кращі „фізичні розуми“ і комп'ютерна техніка Національної дослідницької лабораторії Лос-Аламос — *Los Alamos National Lab* (LANL).

5.2. Методи моделювання

У моделюванні дорожнього руху історично склалися два основних підходи — детерміністичний й імовірнісний (стохастичний).

В основі детермінованих моделей лежить функціональна залежність між окремими показниками, наприклад, швидкістю й дистанцією між автомобілями в потоці. У стохастичних моделях

транспортний потік розглядається як імовірнісний процес.

Всі моделі транспортних потоків можна розбити на три класи:

- моделі-аналоги,
- моделі проходження за лідером,
- імовірнісні моделі.

У моделях-аналогах рух транспортного засобу вподібнюється фізичному потоку (гідро- й газодинамічні моделі). Цей клас моделей прийнято називати *макроскопічними*.

Моделі проходження за лідером ґрунтуються на припущенні зв'язку між переміщенням веденого й головного автомобілів. З розвитком торії в моделях цієї групи враховувався час реакції водіїв, досліджувався рух на багато смужних дорогах, вивчалася стабільність руху. Цей клас моделей називають *мікроскопічними*.

В імовірнісних моделях транспортний потік розглядається як результат взаємодії транспортних засобів на елементах транспортної мережі. У зв'язку із твердим характером обмежень мережі й масовим характером руху в транспортному потоці складаються конкретні закономірності формування черг, інтервалів, завантажень по смугах дороги й т.п. Ці закономірності носять *істотно стохастичний характер*.

Останнім часом у дослідженнях транспортних потоків стали застосовувати міждисциплінарні математичні ідеї, методи та алгоритми нелінійної динаміки. Їхня доцільність обґрунтована наявністю в транспортному потоці стійких і нестійких режимів руху, втрат стабільності при зміні умов руху, нелінійних зворотних зв'язків, необхідності у великій кількості змінних для адекватного опису системи.

Моделі транспортних потоків і програмні продукти, що їх реалізують, можна класифікувати за типом вирішуваних завдань в сфері транспортного аналізу.

Завдання в масштабі міської агломерації

До цієї групи можна віднести моделі, які дозволяють визначити наступне:

- наслідки, які можуть виникнути після змін у зовнішніх транспортних зв'язках;
- зміни в роботі транспортної системи при введенні нових елементів мережі;
- варіанти змін у транспортній системі, які будуть затребувані при будівництві нового житлового району або розташування центру

тяжіння відвідувачів;

- можливий перерозподіл потоків транспорту і пасажирів, яке слід очікувати в разі тимчасового закриття або ліквідації будь-якого елементу транспортної системи.

Серед математичних моделей і програмних комплексів, що їх реалізують, можна виділити наступні групи:

- попереднє планування. Ця модель дозволить проводити попередню, спрощену оцінку проектів без докладного інженерного аналізу. В основному, ця модель застосовується для підготовки попереднього бюджету проектів;

- прогнозні моделі транспортного попиту. Дані математичні моделі дозволяють прогнозувати стан транспортного потоку на підставі даних про поточні параметри. Однак ці моделі слабо враховують динамічну структуру транспортного потоку;

- макроскопічне імітаційне моделювання. В даному випадку моделювання встановлює функціональні залежності між окремими показниками потоку, наприклад, швидкістю і дистанцією між автомобілями в потоці. Динамічні макроскопічні моделі описують процес зміни транспортного потоку в часі і просторі за допомогою диференціальних рівнянь, рішення яких може бути отримано аналітично або за допомогою моделювання;

- мезоскопічне моделювання. В цьому випадку, так само, як і при макроскопічному моделюванні, можуть бути отримані характеристики транспортного потоку (швидкість, щільність, затримки). Результат виходить більш точним, через те, що мезоскопічні моделі розглядають поодинокі транспортні засоби та описують їх рух і взаємодію на підставі статистичних залежностей.

Завдання локального порядку

До даної групи відносять моделі, які дозволяють визначити наслідки перепланування перехрестя або групи перехресть; розширення проїзної частини вулиці, зміни в організації руху на вулицях та дорогах, які перетинаються, зміни параметрів світлофорного регулювання.

Тут можна виділити наступні групи моделей:

- оптимізація параметрів світлофорного регулювання;

- мікроскопічне імітаційне моделювання. В даному випадку детально імітується рух транспортних засобів з метою встановлення показників ефективності функціонування локального ділянки мережі. Зазвичай імітаційна модель базується на статистичному розподілі інтервалів між транспортними засобами.;

– мезоскопічне моделювання. Через те, що вихідні дані для мезоскопічних моделей досить детально характеризують поведінку транспортних засобів на локальних ділянках мережі, з їх допомогою також можливо вирішувати завдання оптимізації функціонування перехресть, «вузьких» місць і т.д.

Моделі транспортних потоків можуть класифікуватися не тільки за типом розв'язуваних задач, а й за іншими критеріями. Найбільш популярною є класифікація за рівнем деталізації транспортного потоку.

В даний час виділяють чотири рівні деталізації транспортної моделі:

- макроскопічні моделі;
- мезоскопічні моделі;
- мікроскопічні моделі;
- суб-мікроскопічні моделі.

Макромодельовання описує рух транспортних засобів як фізичного потоку на високому рівні агрегування (вивчаються характеристики потоку – щільність, середня швидкість, інтенсивність) без урахування його складових частин (транспортних засобів). Динамічні макроскопічні моделі описують процес зміни транспортного потоку в часі і просторі за допомогою диференціальних рівнянь, для складання яких застосовують закони гідродинаміки – по аналогії з рідиною (або газом) в трубі. Рівняння описують зміни певного параметра, що характеризує транспортний потік (наприклад, щільність потоку автомобілів, середня швидкість руху автомобілів, пропускна здатність дорожньої ділянки). Рішення рівнянь може бути отримано аналітично або за допомогою моделювання. Аналітичні методи застосовують при оцінці невеликої дорожньої ділянки, а для великої дорожньої мережі обов'язково використовують моделювання.

Мікромодельовання в деталях описує поведінку і взаємодію окремих автомобілів, що створюють транспортний потік. У мікромодельованні кожен автомобіль задається індивідуально, описується взаємодія автомобілів один з одним і дорожньою мережею. Як правило, характер поведінки автомобіля описується за допомогою правил, які визначають, коли автомобіль прискорюється, уповільнює швидкість, перебудовується в інший ряд, а також коли і як автомобіль вибирає і змінює свій маршрут прямування.

Суб-мікроскопічні моделі, так само, як і мікроскопічні моделі, детально описують характеристики транспортного засобу. Однак крім цього в моделях враховується функціонування окремих частин транспортного засобу. Крім звичних для мікроскопічних моделей вихідних даних, потрібні і додаткові. Наприклад, вид палива, що використовується автомобілем; вид двигуна; використання навігаційних систем і т.д. Більшість цих додаткових параметрів використовуються для розрахунків специфічних вихідних даних моделі, наприклад, для оцінки впливу транспортного засобу на навколишнє середовище.

Мезоскопічні моделі знаходяться на середньому рівні деталізації. Вони описують автомобілі на високому рівні деталізації (як в мікроскопічному моделюванні), а їх поведінка і взаємодія - на низькому рівні (як в макромодельованні). Мезомодельовання дозволяє моделювати дорожню мережу і рух автомобілів майже з таким же рівнем деталізації, як і мікромодельовання. Мезоскопічне моделювання застосовується там, де використання мікроскопічних моделей є бажаним, але неможливим через великий розмір транспортної мережі або обмеженість ресурсів, необхідних для створення та налагодження мережі.

5.3. Практичне застосування моделювання

На даний час програми імітаційного моделювання є ефективним інструментом, який широко використовується при проектуванні інтелектуальних транспортних систем. Використання таких програм дозволяє проводити у віртуальному середовищі масштабні експерименти, які в реальних дорожніх умовах неможливі.

VISUM – це програмне забезпечення, яке дозволяє відображати всі види індивідуального та громадського транспорту в єдиній моделі. Воно доповнюється системою мікроскопічного моделювання транспортного руху VISSIM. Обидві програми разом утворюють систему PTV VISION (<https://www.ptvgroup.com/en/>). За допомогою VISUM можна управляти основними даними систем транспортної інформації та планування і обробляти їх в мережевому редакторі. На відміну від простих ГІС-систем в VISUM є можливість отримувати інформацію про складні взаємозалежності в межах однієї або декількох систем транспорту

та, за рахунок цього, створювати оптимальну транспортну модель. Транспортна модель складається, як правило, з моделі попиту на транспорт, моделі мережі, створеної на основі VISUM, і різних моделей впливу.

Модель попиту на транспорт містить дані про попит на транспорт. Знання попиту на транспорт в тій області, для якої здійснюється транспортне планування, є незамінною основою для оцінки транспортних мереж. Визначити матриці кореспонденції на транспорт шляхом збору даних можна лише частково. Тому для відображення реальних співвідношень попиту використовуються математичні моделі, які розраховують транспортні потоки між районами області планування на основі структурних даних і даних про те, як населення користується транспортом, а також даних про просторове розташування об'єктів інфраструктури і про існуючу транспортну пропозицію. У VISUM інтегрована стандартна 4-ступінчаста модель, з допомогою якої можна робити в програмі матриці кореспонденції.

Модель мережі містить дані транспортної пропозиції. Вона складається з транспортних районів (транспортних осередків), вузлів, зупинок маршрутного транспорту, відрізків автомобільних і рейкових доріг вулично-дорожньої мережі та з маршрутів громадського транспорту з розкладом руху. У VISUM дані про транспортну пропозицію можна візуалізувати і інтерактивно обробляти різними способами

Дані моделі мережі і моделі попиту на транспорт є вихідними даними для моделей впливу. VISUM пропонує на вибір різні моделі впливу для аналізу і оцінки транспортного пропозиції.

Зокрема, *модель користувача* моделює характер пересування пасажирів і пари транспортний засіб-водій. При цьому обчислюються показники навантаження і параметри, які стосуються користувача (наприклад, час поїздки або частота пересадок).

Різні методи розрахунку доступні також в разі необхідності відображення впливу на довкілля моторизованого індивідуального транспорту.

VISUM відображає результати розрахунку в графічній і табличній формі. Так, наприклад, існує можливість відобразити і проаналізувати переплетення транспортних потоків, «вузли» потоків, ізохрони і транспортні потоки у вузлах. Такі параметри, як, наприклад, час поїздки, довжина пішохідних шляхів, частота

пересадок, частота обслуговування і багато інших виводяться у вигляді матриць витрат.

Можливості використання VISUM для задач планування в області громадського транспорту:

- планування і аналіз маршрутних мереж;
- розробка та аналіз розкладів;
- оцінка потреби в водіях і в транспортних засобах;
- проведення аналізу рентабельності;
- відображення (графічно або в табличній формі) характеристик громадського транспорту (кількість проданих квитків, підрахована кількість вхідних / вихідних пасажирів, потік школярів для кожного району або зупинки);
- аналіз і відображення кількості пасажирів та інших показників з диференціацією за системами транспорту, відрізками, зупинками, маршрутами і перевізниками;
- створення графіків для презентацій з метою наочного уявлення різних варіантів планування;
- розрахунок і прогнозування показників витрат і прибутку для окремих областей і перевізників;
- виробничі показники для розрахунку рентабельності маршрутів;
- створення фрагментів мережі з відповідними матрицями кореспонденцій.

Можливості використання VISUM для задач планування в області індивідуального транспорту:

- аналіз транспортних і будівельних заходів з прогнозуванням транспортних навантажень і їх впливів;
- прогнозування впливу плати за використання доріг;
- аналіз пропускної здатності в транспортних вузлах;
- окремий розгляд різних систем індивідуального транспорту;
- порівняння матриці кореспонденції з актуальними даними підрахунків;
- визначення емісії шуму і / або емісії шкідливих речовин;
- створення фрагментів мережі з відповідними матрицями кореспонденції;

PTV VISSIM реалізує принципи імітаційного моделювання на мікрорівні. Це означає, що в процесі імітації безперервно моделюється рух кожного автомобіля в межах дорожньої мережі з урахуванням заданих поведінкових моделей (зокрема, моделей проходження, зміни смуги тощо).

Сфера застосування VISSIM

The screenshot displays the PTV Vision 10.0.0.0 software interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Lists, Base Data, Traffic, Signal Control, Simulation, Evaluation, Presentation, and Help. The main window is divided into several panes:

- Left Pane (Links):** A list of simulation elements including Decelerated Speed Detector, Increased Speed Areas, Conflict Areas, Priority Rules, Street Signs, Signal Heads, Detectors, Vehicle Types, Vehicle Routes, Parking Lots, Public Transport Stop, Public Transport Lane, Modes, Data Collection Points, Vehicle Travel Time M, Global Counters, Background Images, Assessment Settings, 2D Traffic Signals, Static 2D Motors, Vehicles In Network, Assessment In Network, Areas, Obstacles, Areas & Obstacles, Assessment Results, Assessment Results, and Assessment Areas.
- Top Center Pane:** A 3D rendering of a city intersection with a yellow bus, a black car, and a red car. The background shows a cityscape with buildings and trees.
- Bottom Left Pane (Smart Map):** A 2D map view of the intersection area.
- Bottom Right Pane (Data Table):** A table showing simulation parameters for various vehicle types and routes.

The data table in the bottom right pane is titled "Select Scenario..." and contains the following columns: Count, ID, No, Name, BehaviorType, DisplayType, NameLength, SCName, FromLink, ToLink, Gradient, LimitValue, LimitValueSign, AngleLimitValue, and AngleLimitValueSign. The table lists 15 rows of data, including vehicle types like "Urban Intersection" and "Road gray" with associated counts and limits.

За допомогою PTV VISSIM можливо здійснювати наступні роботи:

- 237

трамвайів;

- аналіз впливу управління рухом на ситуацію в транспортній мережі (регулювання припливу транспорту, зміна відстані між вимушеними зупинками транспорту, перевірка під'їздів, організація одностороннього руху і смуг для руху громадського транспорту);
- аналіз пропускну здатності великих транспортних мереж (наприклад, мережі автомагістралей або міської вулично-дорожньої мережі) при динамічному перерозподілі транспортних потоків;
- аналіз заходів з регулювання руху в залізничному транспорті і при організації стоянок очікування (наприклад, митних пунктів);
- детальну імітацію руху кожного учасника руху;
- моделювання зупинок громадського транспорту і станцій метрополітену, причому з огляду на їх взаємний вплив;
- розрахунок аналітичних показників (понад 50 різних оцінок і аналітичних коефіцієнтів), побудова графіків (в Microsoft Excel) і т.п.

Таким чином, транспортне моделювання при проектуванні розв'язок є необхідним та зручним інструментом. Моделювання дає змогу швидко та наочно побачити зміни в характері транспортних потоків при зростанні інтенсивності руху усіх або окремих напрямків, збільшенні або обмеженні швидкості руху, зміні схеми організації дорожнього руху, встановленні або переобладнанні світлофорних об'єктів, виокремленні смуг для громадського транспорту, зміні складу потоків та рішень по реконструкції перетину. При транспортному моделюванні перетину є можливість врахування потреб усіх учасників дорожнього руху, включаючи пішоходів та велосипедистів. Моделювання дозволяє врахувати вплив різних транспортних об'єктів, що знаходяться в поблизу розв'язки. Співставляючи такі показники, як середня кількість зупинок, середній час затримки, середня швидкість проїзду та пропускна здатність для різних варіантів планування перетину, можна обрати найбільш оптимальний варіант планувального рішення перетину.

На рис. 5.2 та 5.3 наведено приклад застосування транспортного моделювання при обґрунтуванні вибору планувального рішення на перетині вулиць Макарова і Дубенської у м. Рівне

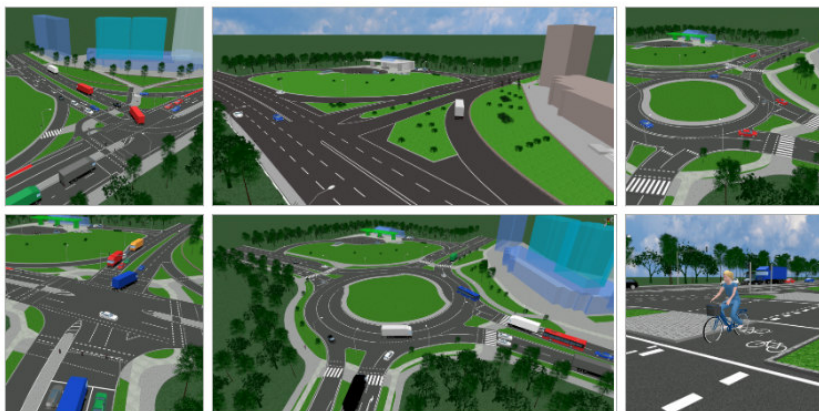


Рис. 5.2. Аналіз ефективності транспортних рішень вдосконалення організації руху транспорту та пішоходів на перетині вулиць Макарова-Дубенська в місті Рівне. Порівняння варіантів вирішення перетину



Рис. 5.3. Аналіз ефективності транспортних рішень вдосконалення організації руху транспорту та пішоходів на перетині вулиць Макарова-Дубенська в місті Рівне. Порівняння ранкової та вечірньої години-пік

Використання транспортного моделювання створює можливість не тільки підвищити ефективність роботи транспортного вузла, а й покращити безпеку дорожнього руху.

Уряд Західної Австралії використовував PTV Vissim для розробки свого першого сигналізованого кругового перетину.

Раніше круговий перетин Eelup був найгіршим у штаті та мав найвищий рівень аварійності у всій державі. Сьогодні кількість нещасних випадків зменшилася на 33%, причому економія становить 2 мільйони доларів на рік.



Рис. 5.4. Модернізований за допомогою PTV VISSIM круговий перетин (Західна Австралія)

Отже, засоби моделювання PTV Vision® – універсальний, потужний і надзвичайно гнучкий інструмент для створення транспортних моделей різного призначення. Він вирішує питання транспортного планування на всіх етапах і рівнях. Отримані при цьому результати відрізняються високою точністю і якістю подання.

Питання для самоконтролю

1. *Назвіть основні підходи у моделюванні дорожнього руху.*
2. *Які існують рівні деталізації транспортних моделей?*
3. *Які рівні імітації дозволяють реалізовувати програми PTV Visum та Vissim?*

Використані джерела

1. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения : учебник для вузов. М. : Транспорт, 1993. 271 с.
2. Бойчук В. С. Довідник дорожника. К. : Урожай, 2002. 557 с.
3. Гохман В. А., Поляков М. П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог : навч. посіб. для автодорожніх спеціальностей ВУЗів. 2-ге видання, переробл. і доп. К. : Вища школа, 1989. 136 с.
4. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог / Лобанов. Е. М. и др. М. : Транспорт, 1972. 232 с.
5. Клиновштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения : учеб. для вузов. М. : Транспорт, 2001. 247 с.
6. Пальчик А. М. Транспортні потоки. К. : НТУ, 2010. 171 с.
7. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения : підручник. М. : Транспорт, 1977. 303с.
8. Хом'як А. Я., Татарченко С. В. Проектування з'їздів транспортних розв'язок. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. К. : НТУ, 2012. Вип. 86. С. 37–47.
9. ДБН В.2.3.4-2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. К. : Мінрегіонбуд України, 2007. 91 с.
10. ДБН В.2.3-5-2018. Вулиці та дороги населених пунктів. К. : Мінрегіон розвитку, будівництва та ЖКГ України, 2018. 61 с.
11. ГБН В.2.3-3764:2016-555:2016. Автомобільні дороги. Транспортні розв'язки в одному рівні. Проектування. К. : Мінінфраструктури України, 2016. 54 с.
12. Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. М. : Министерство транспорту РФ, 2017. 89 с.
13. Ксеноходов В. И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог : довідник. М. : Транспорт, 1981. 431 с.
14. Аналіз стану та безпеки руху на автомобільному, міському електричному та залізничному транспорті в Україні за 2018 рік. URL: http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2019/Analiz_avariynosti_2018.pdf (дата звернення: 05.11.2020).

15. РВ.2.3-03450778-855:2015. Рекомендації з облаштування нерегульованих пішохідних переходів в одному рівні на автомобільних дорогах загального користування сучасними засобами організації дорожнього руху та освітлення. К. : ДП «ДерждорНДІ», 2015. 35 с.

16. РВ.2.3-218-03449261-507:2006. Рекомендації по застосуванню пристроїв примусового зниження швидкості згідно з ДСТУ 4123. К. : ДП «ДерждорНДІ», 2015. 35 с.

17. Р.В.2.3-218-03449261-732:2008. Рекомендації щодо забезпечення безпеки дорожнього руху у темну пору доби. К. : ДП «ДерждорНДІ», 2017. 32 с.

18. ДСТУ 2587:2010. Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролю. Правила користування. К. : Мінрегіонбуд України, 2010. 50 с.

19. ДСТУ 2735-94. Огородження дорожні. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху. [Чинний від 1995-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2010. 50 с.

20. ДСТУ Б В.2.3-9-2003. Пристрої дорожні напрямні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-07-01]. К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. 33 с.

21. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 73 с.

22. ДСТУ 3587. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. К. : Держстандарт України, 1997. 23 с.

23. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

24. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. К. : Мінрегіон України, 2018. 64 с.

25. Имитационное моделирование в проектах ИТС : учеб. пособие / С. В. Жанказиев, А. И. Воробьев, А. В. Шадрин, М. В. Гаврилюк ; под ред. д-ра техн. наук, проф. С. В. Жанказиева. М. : МАДИ, 2016. 92 с.

26. Краткое руководство по выполнению проектов в PTV Vissim 6.: А+S, 2014. 75 с. URL: https://bespalovdotme.files.wordpress.com/2017/03/quickstart_vissim_6-0.pdf (дата звернення: 05.11.2020).

Додатки

Додаток А

Класифікація розв'язок доріг

Клас розв'язки	Категорія доріг, що перетинаються або примикають	Тип розв'язки	Облаштування розв'язки перехідно-швидкісними смугами (ПШС)
I	I-a-I-a	У різних рівнях	3 ПШС на всіх дорогах
	I-a-I-б		
	I-a-II		
	I-a-III		
	I-б-II		
	I-б-III		
	II-II (при сумарній інтенсивності понад 11000 прив/авто/добу)		
II	I-a-IV I-a-V	У різних рівнях	Без ПШС на дорогах нижчої категорії
III	III-III	В одному рівні	3 ПШС на всіх дорогах та каналізуванням лівоповоротних напрямків
IV	I-б-IV I-б-V	В одному рівні з відігнаними лівими поворотами	Без ПШС на дорогах нижчої категорії
V	II-IV II-V III-IV III-V	В одному рівні	Без ПШС на дорогах нижчої категорії та каналізуванням лівоповоротних напрямків на дорозі вищої категорії
VI	IV-IV IV-V V-V		Без ПШС на всіх дорогах

Додаток Б

Вузли в одному рівні (перехрестя) в населених пунктах

Перехрес- тя	Рух		Сумарне транспортне навантаження вузла, авт./год	Найбільша інтенсивність руху пішоходів на окремому переході, чол./год	Категорії вулиць і доріг, що перетинають ся
	транспорту	пішо- ходів			
1	2	3	4	5	6
Нерегульо- вані (прості)	Нерегульова ний (проїзд згідно з загальними правилами дорожнього руху)	Нерегульований	до 700	до 150	Міські вулиці та дороги місцевого значення
			до 100	до 50	Вулиці та дороги сільських населених пунктів
Саморегу- льовані (з рухом по кільцю)	Безперерв- ний, саморегуль- ований, як правило, каналізо- ваний	Безперервний	700-2000	до 500	Магістральні вулиці та дороги районного, а в малих і середніх містах – загально- міського значення
			100-500	до 300	Головні вулиці та дороги сільських населених пунктів

продовження додатка Б

1	2	3	4	5	6
Регульовані	Регульований світлофорами, можливо каналізований	можливо	100 0- 400 0	до 3000	Магістральні вулиці та дороги загально-міського та районного значення
		Регульований, безперервний	500- 100 0	до 300	Головні вулиці та дороги сільських населених пунктів

Примітка 1. Прості перехрестя не мають світлофорного регулювання та планувальних елементів, що організовують рух.

Примітка 2. Каналізований рух транспорту забезпечується системою піднятих над проїзною частиною або позначених дорожньою розміткою напрямних островців, як правило, трикутної або каплевидної форми, а безперервний рух пішоходів – улаштуванням пішохідних переходів у різних рівнях.

Вузли вулиць і доріг в населених пунктах у різних рівнях

Типи вузлів	Клас перетину	Рух автотранспортних потоків	Рекомендована розрахункова швидкість, км/год, на лівоповоротних з'їздах у разі їх частки в потоці			Пішохідний рух
			<0,15	0,15–0,30	>0,30	
1	2	3	4	5	6	7
З повною розв'язкою руху в різних рівнях	I	Всі потоки безперервні та відокремлені	50	60	70	Безперервний, повністю відокремлений від усіх транспортних потоків
	II	Те саме	30	50	60	Те саме
	III	Усі прямі потоки безперервні та відокремлені. Поворотні потоки безперервні, але можуть мати ділянки суміщення	30	40	50	Безперервний, відокремлений на перетині з прямими та основними потоками. Безперервний чи регульований на перетині з іншими потоками
	IV	Всі прямі потоки безперервні, але можуть мати ділянки з поворотними потоками. Поворотні потоки регульовані чи саморегульовані	15	20	30	Те саме

продовження додатка В

1	2	3	4	5	6	7
з неповною розв'язкою руху в різних рівнях	V	Один прями́й поті́к безперервний та відокремлений. Всі інші потоки регульовані чи саморегульовані. Частина чи всі поворотні потоки можуть бути відсутніми	15	10	-	Безперервний, відокремлений на перетині з прямими потоками. Безперервний, регульований чи нерегульований на перетині з іншими потоками
<p>Примітка 1. Безперервний та відокремлений рух транспорту надається основним прямим і поворотним потокам, а пішоходам – безпечний і повністю роз'єднаний з цими потоками рух.</p> <p>Примітка 2. Відокремленими потоками є ті, що не мають у межах вузлів ділянок перестроювання (перехід з однієї смуги на іншу) і ділянок суміщення (рух потоків двох напрямків на одній смузі з наступним розгалуженням)</p>						

Типи транспортних розв'язок та орієнтовні типи РТЗ

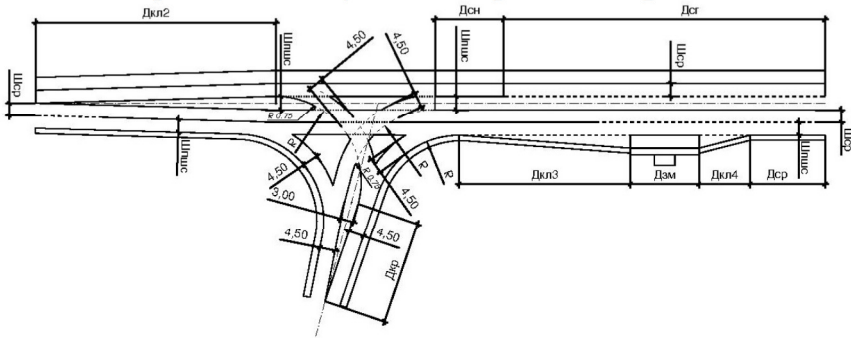
Клас розв'язки	Категорії доріг, що перетинаються (примикають)	Тип розв'язки	РТЗ
I	I-б – II	I (I-II)	АПв (Адп)
	I-б – III	I (I-III)	
	II – II	I (II-II)	
	II – III (при сумарній інтенсивності понад 11000 прив. авт./добу)	I (II-III)	
III	II – III (при сумарній інтенсивності менше 11000 прив. авт./добу)	III (II - III)	
	III- III	III (II I- III)	
IV	I-б - IV	IV (I –IV)	АПс (Ам)
	I-б - V	IV (I –V)	В (Ам)
V	II - IV	V (II–IV)	АПс (Ам)
	II - V	V (II–V)	В
	III- IV	V (III–IV)	АПс (Ам)
	III- V	V (III –IV)	В
VI	IV - IV	VI (IV–IV)	В
	IV - V	VI (IV - IV)	В (Л)
	V - V	VI (V - V)	
Примітка 1. При влаштуванні транспортних розв'язок доріг загального користування з іншими дорогами (відомчими (технологічними) дорогами, вулицями і дорогами міст та інших населених пунктів та автомобільними дорогами на приватних територіях) останні приводяться по інтенсивності до доріг загального користування.			
Примітка 2. Скорочення, наведені у колонці 4, розкриті у додатку А [11]			

Параметри повороту та динамічний габарит РТЗ

Тип РТЗ	Позначення	Радіус повороту (Rp)	Динамічний габарит (Дг) залежно від кута повороту РТЗ, м			
			50	70	130	200
Автопоїзд важкий	АПв	12,0	5,2	5,9	7,4	8,1
		10,0	5,6	6,1	8,2	9,5
Автопоїзд середній	АПс	12,0	4,8	5,1	6,3	6,7
		10,0	5,0	5,6	6,9	7,6
Вантажний автомобіль	В	10,0	3,6	4,0	4,5	4,7
		8,0	3,8	4,2	4,7	5,2
Автобус далекого прямування	Адп	13,0	5,0	5,8	6,2	6,5
		11,0	5,3	6,2	6,8	7,3
Автобус міжміський	Ам	12,0	3,9	5,4	5,9	6,3
		10,0	4,8	5,9	6,5	6,9
Легковий автомобіль	Л	8,0	2,5	2,6	2,6	2,8
		6,0	2,4	2,7	2,8	3,0

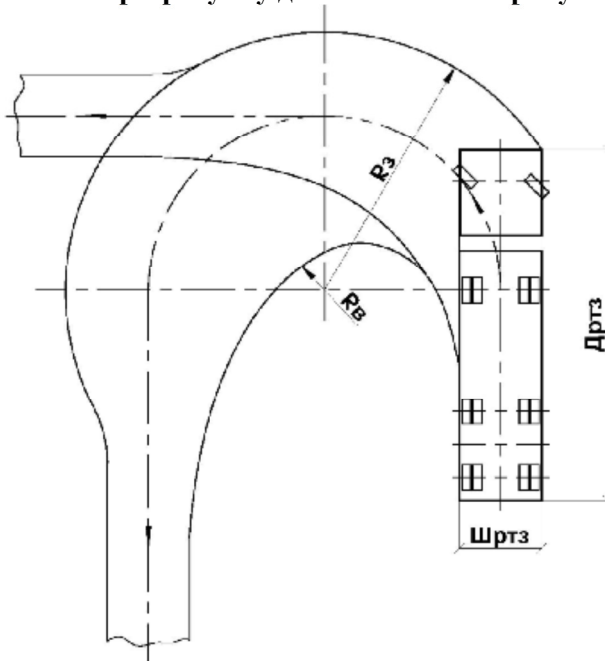
За відповідного обґрунтування допускається приймати перспективний РТЗ, який має більший динамічний габарит, ніж габарит визначеного транспортного засобу.

Приклад влаштування напрямних острівців



Р – радіус заокруглення (згідно з 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),
Шпр – ширина смуги руху (згідно з таблицею 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шпшс – ширина перехідно-швидкісної смуги (згідно з 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4), **Дсг** – довжина смуги гальмування (згідно з таблицею 9.6 ДБН В.2.3-4), **Дср** – довжина смуги розгону (згідно з таблицею 9.6 ДБН В.2.3-4), **Дсн** – довжина смуги накопичення (згідно з 5.1.4),
Дкр – довжина краплі (30 м для дорogi III категорії та 20 м для дорogi IV-V категорій), **Дкл1** – довжина клину на вході (виході) перехідно-швидкісної смуги (згідно з таблицею 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дкл2 – довжина клину на вході напрямного острівця,
Дкл3 – довжина клину на вході в зупинку маршрутного транспорту (згідно з 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4), **Дкл4** – довжина клину на виході із зупинки маршрутного транспорту (згідно з 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4), **Дзм** – довжина зупинкового майданчика (згідно з 14.5 ДБН В.2.3-4).

Схема розрахунку динамічного габариту РТЗ



$$Д_г = R_з - R_в,$$

де $Д_г$ – динамічний габарит РТЗ (різниця радіусів кривих між проекціями на дорожню поверхню крайніх найбільш виступаючих зовнішньої ($R_з$) та внутрішньої ($R_в$) точок переміщення ТЗ при розвороті).

$Д_{ртз}$ – довжина розрахункового транспортного засобу,

$Ш_{ртз}$ – ширина розрахункового транспортного засобу,

$R_в$ – радіус внутрішньої кривої (проекція на дорожню поверхню внутрішньої найбільш виступаючої точки РТЗ при його розвороті),

$R_з$ – радіус зовнішньої кривої (проекція на дорожню поверхню зовнішньої найбільш виступаючої точки РТЗ при його розвороті).

Схеми влаштування лінійних транспортних розв'язок

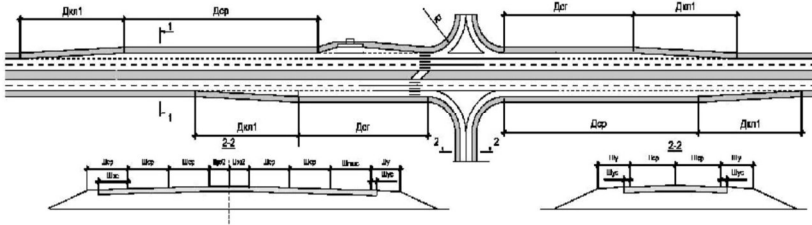


Схема 1 – Транспортна розв'язка I(IV) (X1-X2) Т

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),

Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),

Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (розділювальної смуги) (табл.5.1 ДБН В.2.3-4),

Шзс – ширина зупинкової смуги (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шрс – ширина розділювальної смуги (з ДБН В.2.3-4),

Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дкл1 – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4)

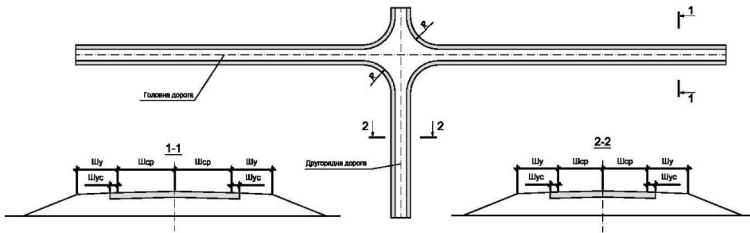


Схема 2 – Транспортна розв'язка VI (X1-X2) Н

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),

Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4)

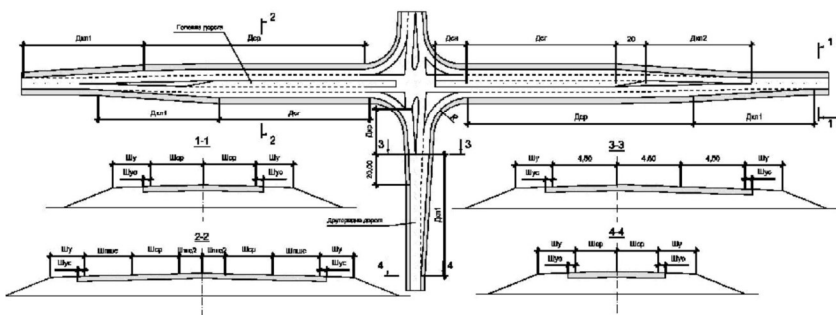


Схема 3 – Транспортна розв'язка III (X1-III) Н

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),

Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),

Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дсн – довжина смуги накопичення (п.5.1.4 ГБН),

Дкр – довжина краплі (30 м для доріг III категорії та 20 м для доріг IV-V категорій),

Дкл1 – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дкл2 – довжина клину на вході прямого острівця

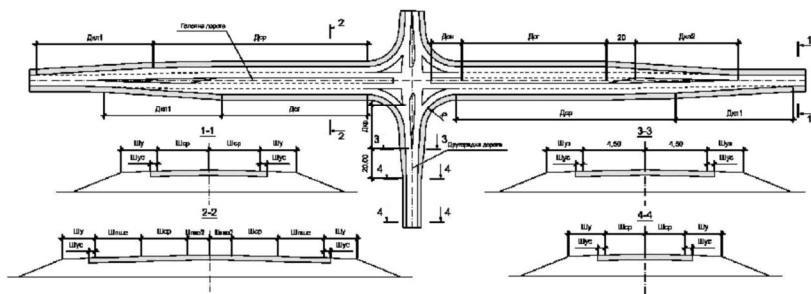


Схема 4 – Транспортна розв'язка V (X1-X2) Н, 1

При $N > 2000$ авт./доб.

R – радіус заокруглення (табл. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),

Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),

Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дсн – довжина смуги накопичення (згідно п. 5.1.4 ГБН),
Дкр – довжина краплі (30 м для дорogi III категорії та 20 м для дорог IV–V категорій),
Дкл1 – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дкл2 – довжина клину на вході прямого острівця,
N – інтенсивність руху на розв'язці

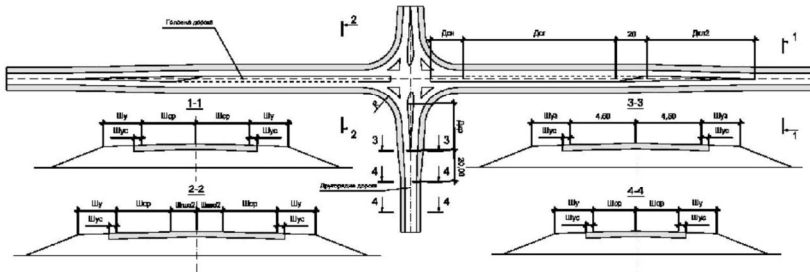


Схема 5 – Транспортна розв'язка V (X1-X2) Н, 2
 При $N \leq 2000$ авт./доб.
R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),
Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),
Шу – ширина узбіччя (згідно з таблицею 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дсн – довжина смуги накопичення (п. 5.1.4 ГБН),
Дкр – довжина краплі (30 м для дорogi III категорії та 20 м для дорог IV–V категорій),
Дкл1 – довжина клину на вході (виході) перехідно-швидкісної смуги (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дкл2 – довжина клину на вході прямого острівця,
N – інтенсивність руху на розв'язці

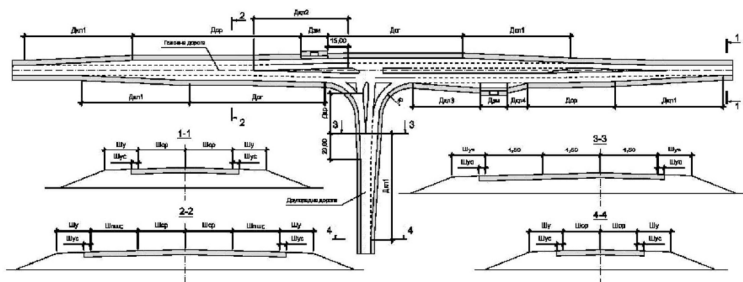


Схема 6 – Транспортна розв'язка III (X1-III) Т

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),

Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),

Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),

Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дкр – довжина краплі (30 м для доріг III категорії та 20 м для доріг IV–V категорій),

Дкл1 – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл.9.6 ДБН В.2.3-4),

Дкл2 – довжина клину на вході прямого острівця,

Дкл3 – довжина клину на вході в зупинку маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),

Дкл4 – довжина клину на виході із зупинки маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),

Дзм – довжина зупинкового майданчика (п. 14.5 ДБН В.2.3-4)

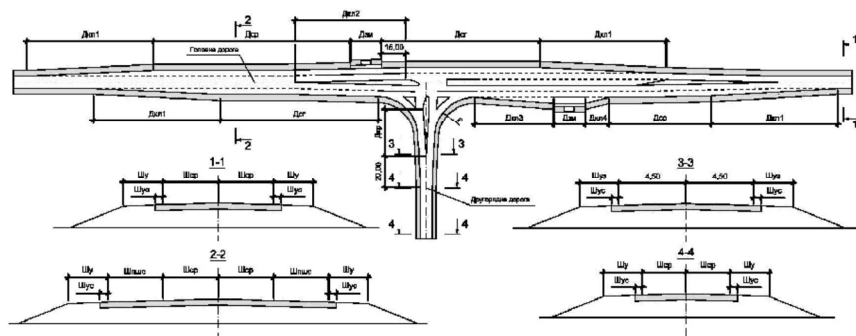


Схема 7 – Транспортна розв'язка V (X1-X2) Т, 1

При $N > 2000$ авт/доб.

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),
Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),
Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дкр – довжина краплі (30 м для дорogi III категорії та 20 м для дорог IV–V категорій),

Дкл1 – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дкл2 – довжина клину на вході прямого острівця,

Дкл3 – довжина клину на вході в зупинку маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),

Дкл4 – довжина клину на виході із зупинки маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),

Дзм – довжина зупинкового майданчика (п. 14.5 ДБН В.2.3-4),

N – інтенсивність руху на розв'язці

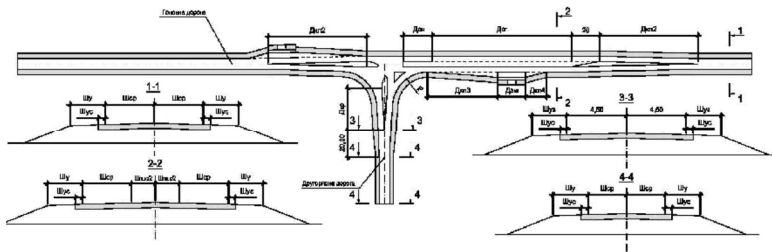


Схема 8 – Транспортна розв'язка V (X1-X2) Т, 2

$N \leq 2000$ авт/доб.

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),
Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шпшс – ширина ПШС (п. 9.2.4.4 ДБН В.2.3-4),
Шу – ширина узбіччя (з табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Дсг – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дср – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),
Дкр – довжина краплі (30 м для дорogi III категорії та 20 м для дорог IV–V категорій),

Дкл1 – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

Дкл2 – довжина клину на вході прямого острівця,
Дкл3 – довжина клину на вході в зупинку маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),
Дкл4 – довжина клину на виході із зупинки маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),
Дзм – довжина зупинкового майданчика (п. 14.5 ДБН В.2.3-4),
N – інтенсивність руху на розв'язці

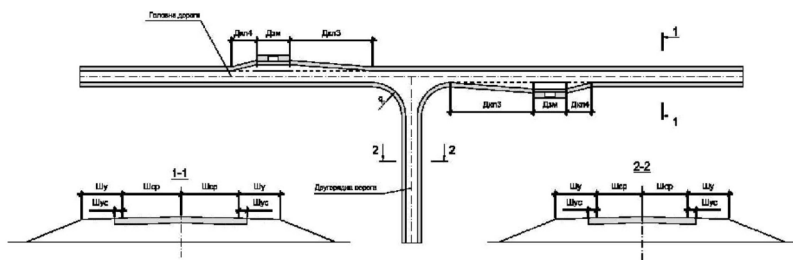
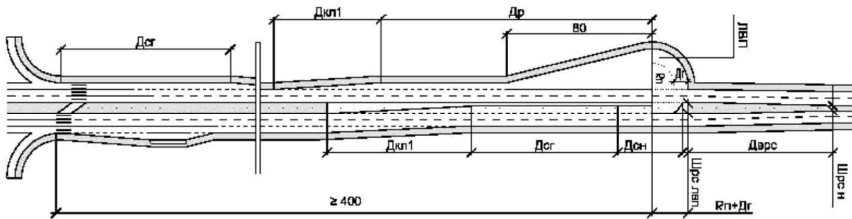


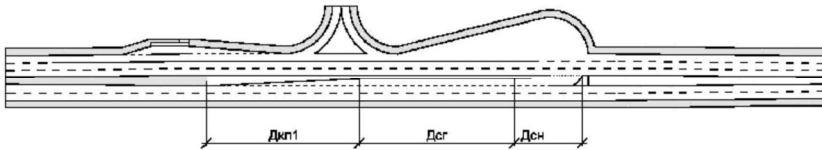
Схема 9 – Транспортна розв'язка VI (X1-X2) Т

R – радіус заокруглення (п. 9.2.2.4 ДБН В.2.3-4),
Шср – ширина смуги руху (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шу – ширина узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Шус – ширина укріпленої смуги узбіччя (табл. 5.1 ДБН В.2.3-4),
Дкл3 – довжина клину на вході в зупинку маршрутного транспорту (п.14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),
Дкл4 – довжина клину на виході із зупинки маршрутного транспорту (п. 14.5.4, 14.5.5 ДБН В.2.3-4),
Дзм – довжина зупинкового майданчика (п. 4.5 ДБН В.2.3-4)

Схема розміщення та влаштування лівого віднесеного повороту



а) розміщення за перехрещенням



б) розміщення перед примиканням

$R_{п}$ – радіус повороту (табл. 4.2 ГБН),

$D_{г}$ – динамічний габарит (табл. 4.2 ГБН),

$Ш_{рс\ лвп}$ – ширина розділювальної смуги в місці ЛВП (п. 9.2.4.4 з врахуванням п. 4.5.12 ДБН В.2.3-4),

$D_{сг}$ – довжина смуги гальмування (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

$D_{ср}$ – довжина смуги розгону (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

$D_{сн}$ – довжина смуги накопичення (п. 5.1.6 ГБН),

$D_{кл1}$ – довжина клину на вході (виході) ПШС (табл. 9.6 ДБН В.2.3-4),

$D_{врс}$ – довжина відгону розділювальної смуги (п. 5.1.23 ДБН В.2.3-4)

Приклади визначення пропускної здатності перехресть

Приклад 1 – Розрахунок пропускної здатності розв'язки в одному рівні

Вихідні дані:

перетинання необладнане, сумарна інтенсивність руху по головній дорозі $N_{\text{гол.}} = 240$ авт./год,

радіуси з'їздів дорівнюють 10 м,

поздовжній ухил головної дороги 25%,

довжина підйому 200 м,

частка автомобілів, що рухається повільно, становить 15%.

розподіл інтенсивності за напрямками: $N_{\text{пл}} = 15\%$;

$N_{\text{пр}} = 35\%$.

Параметри функції розподілу автомобілів у транспортному потоці по другорядній дорозі визначають за формулою 2.38.

За табл. 2.30 $x_m = 0,55$, оскільки відстань від підйому дорівнює 0; за табл. 2.31: $x = 0,01$ при довжині підйому 200 м і ухилі 25 %.

$$A = x_m \cdot e^{-x_m} = 0,55 \cdot e^{-0,01} = 0,56.$$

Параметр В визначають за рис. 2.44; $B = 0,27$.

$A + B + C = 1$, отже $C = 1 - 0,56 - 0,27 = 0,17$.

Коефіцієнт β_l визначають за рис. 2.45 з урахуванням А:

$$\beta_l = 0,68.$$

Параметр Δt_{ep} визначають за рис. 2.46. При заданій інтенсивності руху $\Delta t_{ep} = 13,8$ с.

Пропускна здатність перетину в приведених одиницях

$$N_{\text{пр max}} = 240 \left(\frac{0,56e^{-0,68}}{1 - e^{-0,18}} + \frac{0,27e^{-3,2}}{1 - e^{-0,93}} + \frac{0,17e^{-5,8}}{1 - e^{-1,5}} \right) =$$

$$240 \left(\frac{0,56 \cdot 0,53}{1 - 0,83} + \frac{0,27 \cdot 0,04}{1 - 0,37} + \frac{0,17 \cdot 0,05}{1 - 0,22} \right) = 785 \text{ авт./год.}$$

Гранична інтенсивність руху по другорядній дорозі (див. формулу (2.39))

$$N_{\text{max}} = \frac{785 - 1,1 \cdot 240 \cdot 0,15}{1,1 \cdot 0,15 - 1,0 \cdot 0,5 + 0,67 \cdot 0,35} = 830 \text{ авт./год.}$$

Отже, при заданій інтенсивності руху по головній дорозі найбільша сумарна інтенсивність руху по другорядній дорозі становить 830 авт./год.

Приклад 2 – Визначення пропускної здатності ділянки розвороту з зупинкою автомобілів

Вихідні дані:

інтенсивність руху по головній дорозі в одному напрямку

$N_{\text{гол}}=1000$ авт./год;

інтенсивність руху по другорядній дорозі в одному напрямку

$N_{\text{др}}=200$ авт./год;

сумарна інтенсивність право- та лівоповоротних потоків
 120 авт./год;

через ділянку розвороту проходить 60 привед. автомобілів;

мінімальні інтервали часу між автомобілями, які виконують розвороту з зупинкою, $\delta_i=2,2$ с;

граничний інтервал часу при 85% забезпеченні $\Delta t_{\text{гр}}=8,2$ с.

За формулою 2.38 визначаємо пропускну здатність ділянки розвороту

$$P = N \left(\frac{e^{-N/T(\Delta t_{\text{гр}}-1)}}{1 - e^{-N/T\delta_i}} \right) = P = 1000 \left(\frac{e^{-1000/3600(8,2-1)}}{1 - e^{-1000/3600 \cdot 2,2}} \right) = 249 \text{ авт./год.}$$

Приклад 3 – Визначення пропускної здатності ділянки переплетення

Вихідні дані:

інтенсивність руху по головній дорозі в одному напрямку

$N_{\text{гол}}=1400$ авт./год;

мінімальні інтервали часу між автомобілями, які виконують маневр переплетення, $\delta_i=3,3$ с;

граничний інтервал часу при 85% забезпеченні $\Delta t_{\text{гр}}=3,9$ с;
(довжина ділянки від місця прилягання до ділянки розвороту становить 400 м);

інтенсивність руху по крайній лівій смузі:

$$N_{\text{лів}}=24 \cdot 10^{-5} \cdot N_1^2 + 0,117N = 24 \cdot 10^{-5} \cdot 1400^2 + 0,117 \cdot 1400 = 634 \text{ авт./год.}$$

Приклад 4 – Розрахунок пропускної здатності перехрестя з кільцевим рухом

Для розрахунку пропускної здатності перехрестя з кільцевим рухом необхідно:

Скласти зведену таблицю інтенсивності руху.

Скласти картограму інтенсивності руху.

Для кожного в'їзду визначити коефіцієнти k_c , C , A , B і визначити пропускну здатність в'їзду.

Визначити коефіцієнт завантаження кожного з'їзду Z .

Порівняти коефіцієнти завантаження з $Z_{\text{опт}}=0,65$.

Якщо хоча б на одному в'їзді $Z > 0,65$, необхідні заходи з підвищення пропускної здатності в'їзду; якщо на всіх в'їздах $Z < 0,65$, розраховують пропускну здатність перехрестя з круговим рухом.

6. Оцінити пропускну здатність перехрестя з круговим рухом
Вихідні дані:

Склад руху:

Вид транспортного засобу	%
Легкові	22
Вантажні до 2 т	18
Вантажні від 2 до 6 т	30
Вантажні більше 6 т	16
Автобуси	6
Автопоїзди	8

2. Діаметр центрального острівця $D_{\text{ц.о.}}=46$ м.

3. Дороги, що перетинаються – двосмугові II категорії.

4. Всі в'їзди на коло односмугові ($b_2=b_1=1$).

Розподіл транспортних потоків наведено на рис. 6.7.

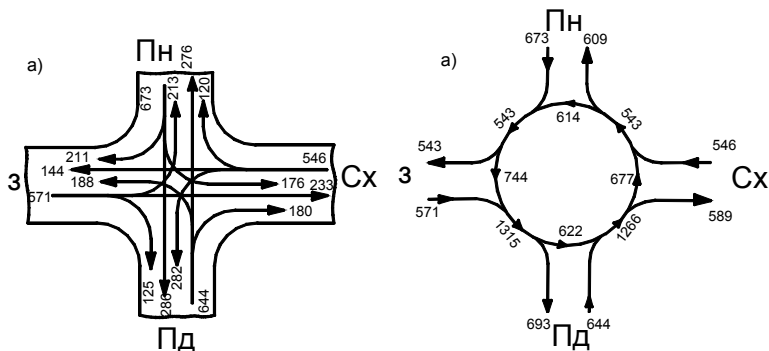


Рис. 1. Розподіл транспортних потоків на перетинанні

$k_c = 1 \cdot 0,22 + 1,4 \cdot 0,18 + 1,7 \cdot 0,3 + 2,3 \cdot 0,16 + 2,9 \cdot 0,06 + 3,5 \cdot 0,08 = 1,8$ і є однаковим для всіх в'їздів.

За табл. 2.382 знаходимо $A = 1500$, $B = 0,67$, при $D_{\text{ц.о.}} = 46$ м $C = 1$.

Значення приведеної інтенсивності руху N_k отримані за картограмою транспортних потоків на перехресті з урахуванням коефіцієнтів k_c :

Розрахунок проводиться у табличній формі:

№ в'їзду	k_c	C	A	Б	N_k привед. авт./год	P_v авт./ год	N_v авт./ год	Z
1	1,8	1,0	1500	0,67	706	570	456	0,8
2	1,8	1,0	1500	0,67	738	559	352	0,63
3	1,8	1,0	1500	0,67	661	587	396	0,67
4	1,8	1,0	1500	0,67	698	574	358	0,62

Порівняння Z на в'їзді з $Z_{\text{опт}}=0,65$ показує, що на в'їздах 1 і 3 завантаження рухом перевищує економічно ефективний рівень, а на в'їзді 1 близька до режиму практичної пропускної здатності.

Для підвищення пропускної здатності даного перехрещення з круговим рухом в'їзди 1 і 3 необхідно розширити до 2-х смугових.

При розширенні в'їзду 1 параметри перетинання будуть такі:
 $b_1=1$, $b_2=2$, $C=1$, $A=1800$, $B=0,45$.

$$P_{\epsilon} = \frac{C}{k_c} (A - B N_k) = \frac{1}{1,8} (1,8 - 0,45 \cdot 706) = 824 \text{ авт./ год.}$$

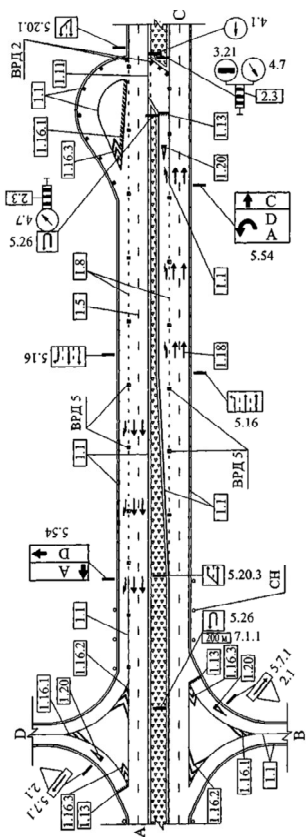
Коефіцієнт завантаження в'їзду $Z = 456/824 = 0,55$, тобто менше 0,65, отже є економічно доцільним.

Висновок

Перехрестя з круговим рухом працює в режимі, близькому до практичної пропускної здатності, що призводить до великих втрат часу транспортними потоками.

Пропозиція: збільшити ширину з'їздів 1 і 3 до двох смуг руху. При подальшому зростанні інтенсивності руху для забезпечення більш високої пропускної здатності і ефективної роботи необхідно розширення до 2 смуг і з'їздів 2 і 4.

Додаток М



Навчальне видання

*Потійчук Ольга Борисівна
Піліпака Людмила Михайлівна*

ТРАНСПОРТНІ РОЗВ'ЯЗКИ

Навчальний посібник

Технічний редактор

Г. Ф. Сімчук